

## Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3 Radan rakenne







# Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3

## Radan rakenne

Liikenneviraston ohjeita 17/2014

*Kannen kuva: Jouni Seppänen, CMN Service Oy*

|        |                   |
|--------|-------------------|
| ISSN-L | 1798-663X         |
| ISSN   | 1798-663X         |
| ISBN   | 978-952-255-455-0 |

Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

|        |                   |
|--------|-------------------|
| ISSN-L | 1798-663X         |
| ISSN   | 1798-6648         |
| ISBN   | 978-952-255-454-3 |

|        |      |
|--------|------|
| Grano  |      |
| Kuopio | 2014 |

Julkaisua (myy)/saatavana  
[paino.kuopio@kopijyva.fi](mailto:paino.kuopio@kopijyva.fi)

Liikennevirasto  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihde 029 534 3000

Kunnossapito-osasto

Korvaa

Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3 Radan rakenne  
(Dnro RHK 1090/041/2008), 16.5.2008

Voimassa

1.1.2015 alkaen

Asiasanat

rautatiet, maanrakennus, ohjeet

## Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3 Radan rakenne

Liikennevirasto on hyväksynyt RATO:n osan 3 Radan rakenne.

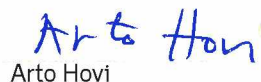
Ohje on voimassa Liikenneviraston tilaamissa toimeksiannoissa ja kunnossapidossa sen voimaantulosta alkaen. Ohjetta sovelletaan Liikenneviraston tilaamissa rautatiealueisiin kohdistuvissa suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon toimeksiannoissa, jotka on tilattu dokumentin voimaantulon jälkeen. Ohjeiden käyttämisestä Liikenneviraston tilaamissa suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon toimeksiannoissa, jotka on tilattu ennen dokumentin voimaantuloa, on sovittava Liikenneviraston kanssa.

Ylijohtaja



Raimo Tapio

Teknisen johtajan sijasta  
yksikön päällikkö



Arto Hovi

LISÄTIETOJA  
Erkki Mäkelä  
Liikennevirasto  
puh. 0295 34 3822



## Esipuhe

Tämän Ratateknisten ohjeiden (RATO) osan 3 "Radan rakenne" päivityksen tavoitteena on ollut ajantasaistaa koskien TraFin määräyksiä ja Liikenneviraston muita määräyksiä.

Ohjeen päivityksen on toteuttanut Liikenneviraston toimeksiannosta Arcus Oy. Ohjeen päivityksestä vastanneeseen työryhmään kuuluivat Jaakko Heikkilä, Jouko Törnqvist VTT, Kari Ojanperä Peverk Oy, Tim Länsivaara ja Antti Nurmikolu TTY. Työtä ohjasi Erkki Mäkelä Liikennevirastosta.

Helsingissä joulukuussa 2014

Liikennevirasto  
Väylätekniikkaosasto

## Sisällysluettelo

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 3      | RADAN RAKENNE .....  | 6  |
| 3.1    | Määritelmiä .....  | 6  |
| 3.2    | Radan alus- ja pohjarakenteiden suunnittelun ohjeistus .....                   | 9  |
| 3.3    | Yleiset suunnitteluperusteet .....   | 10 |
| 3.3.1  | Yleistä .....  | 10 |
| 3.3.2  | Alus- ja pohjarakenteiden käyttöikä .....                                      | 10 |
| 3.3.3  | Jako uusiin ja vanhoihin ratoihin .....  | 10 |
| 3.3.4  | Uusien ratojen suunnittelun yleisperiaatteet .....                             | 12 |
| 3.3.5  | Vanhojen ratojen suunnittelun yleisperiaatteet .....                           | 12 |
| 3.4    | Pohjasuhteiden ja maakerrosten geoteknisten ominaisuuksien selvittäminen ..... | 13 |
| 3.5    | Rakennusmateriaalien ominaisuudet geoteknisessä suunnittelussa .....           | 14 |
| 3.6    | Alusrakenneluokat .....  | 15 |
| 3.7    | Mitoitusmenettely ja varmuusluvut .....  | 16 |
| 3.7.1  | Uudet radat .....  | 16 |
| 3.7.2  | Vanhat radat .....   | 16 |
| 3.7.3  | Radan painumat .....   | 17 |
| 3.7.4  | Pengerleveyden mitoitus .....  | 18 |
| 3.7.5  | Routamitoitus .....  | 20 |
| 3.7.6  | Siltojen ja paalulaattojen mitoitus .....                                      | 22 |
| 3.8    | Ulkoiset kuormat .....   | 23 |
| 3.8.1  | Junakuorma .....   | 23 |
| 3.8.2  | Kuormakaavioiden valinta .....   | 23 |
| 3.8.3  | Kuormakaaviot .....  | 25 |
| 3.8.4  | Sysäys .....   | 29 |
| 3.8.5  | Pystysuorien kuormien jakaantuminen .....                                      | 30 |
| 3.8.6  | Vaakakuormat .....   | 30 |
| 3.8.7  | Muut radan alus- ja pohjarakenteisiin kohdistuvat kuormat .....                | 31 |
| 3.8.8  | Työkonekuormat .....   | 31 |
| 3.8.9  | Maanpaine .....  | 31 |
| 3.8.10 | Vedenpaine ja huokosveden ylipaine .....                                       | 31 |
| 3.8.11 | Värähtely ja värinä .....  | 32 |
| 3.9    | Radan ympäristögeotekniset suunnitteluperusteet .....                          | 33 |
| 3.9.1  | Junaliikenteen aiheuttama värinä .....   | 33 |
| 3.9.2  | Rakentamisesta aiheutuvat vaikutukset .....                                    | 33 |
| 3.10   | Radan normaalipoikkileikkaukset .....  | 34 |
| 3.11   | Kävelykulkutiet .....  | 36 |
| 3.11.1 | Yleistä .....  | 36 |
| 3.11.2 | Kävelykulkutien poikkileikkaus ja materiaalit .....                            | 36 |
|        | VIITTEET .....   | 37 |

### LIITTEET

|         |  |
|---------|--|
| Liite 1 | Routamitoituskäyrästöt ja routamitoitus esimerkki. |
| Liite 2 | Radan normaalipoikkileikkaukset                    |
| Liite 3 | Palautuvan pystysuuntaisen painuman mittaaminen    |
| Liite 4 | Seurantamittaukset                                 |

## 3 Radan rakenne

”Ratatekniset ohjeet” (RATO) osassa 3 ”Radan rakenne” täydennetään Eurokoodien ja NCCI dokumenttien radan alus- ja pohjarakenteiden suunnittelua ja mitoitusperusteita koskevia osia.

Tässä RATO:n osassa on huomioitu tiedossa olevat Liikenteen turvallisuusviraston ja rautatiejärjestelmien yhteentoimivuutta koskevat olennaiset vaatimukset.

Jos yleiset määräykset, ohjeet ja laatuvaatimukset sisältävät ristiriitaisia tietoja, ajallisesti myöhemmin julkaistu tieto on pätevä.

### 3.1 Määritelmiä

**Alusrakenne** koostuu välikerroksesta, eristyskerroksesta sekä mahdollisesta suodatinkerroksesta ja routalevystä.

**Eristyskerros** estää tai vähentää sen alla olevien maakerrosten routimista ja muodostaa välikerrokselle tasaisen ja kantavan alustan sekä siirtää ja jakaa kuormat pohjamaalle. Eristyskerroksen tehtävänä on myös pysäyttää kapillaarinen veden nousu kerroksen alaosaan ja toimia suodatinkerroksena. Eristyskerroksessa käytettävät materiaalit on esitetty julkaisussa InfraRYL /1/. Yleisiä vaatimuksia voidaan täsmentää hankekohtaisilla vaatimuksilla.

**Jatkuvakiskoraide** (Jk-raide) on raide, jossa kiskon pituus  $l > 300$  metriä.

**Jätkänpolku** on välikerroksen yläpinta tukikerroksen ja välikerroksen ulkoreunan välillä.

**Kantavuus** tarkoittaa radan kykyä kestää sille kohdistuvia kuormia

**Korkeusviiva** (Kv) on määritelty RATO:n osassa 2 ”Radan geometria”.

**Leikkauspohja** on leikatun pohjamaan yläpinta.

**Lyhytkiskoraide** (Lk-raide) on raide, jossa kiskon pituus  $l > 25$  metriä.

**Palle** on raiteen tukikerroksen reunaan tehty korotus, jonka tarkoituksena on lisätä tukikerroksen kykyä ottaa vastaan raiteesta siihen kohdistuvat voimat.

**Pengerleveys** on radan alusrakenteen, normaalisti välikerroksen, yläpinnan leveys.

**Pengerpohja** on pengertäytteen alla olevan pohjamaan pinta.

**Pengertäyte** on pengerpohjan ja eristyskerroksen väliin rakennettu ratapenkereen osa. Pengertäytteessä käytettävät materiaalit on esitetty julkaisussa InfraRYL /1/. Yleisiä vaatimuksia voidaan täsmentää hankekohtaisilla vaatimuksilla.

**Pohjamaa** (perusmaa) on ratapenkereen alla oleva maa.



**Pohjanvahvistus** on toimenpide, jolla maakerroksen tai maarakenteen teknisiä ominaisuuksia on parannettu joko maakerrosta tiivistämällä tai lisäämällä maakerrokseen sen huokostilavuutta pienentävää tai maan kanssa kemiallisesti reagoivaa lisäainetta.

**Pohjarakenne** on joko pysyvä rakenne, kuten perustus ja maanpaineseinä tai työnaikainen rakenne kuten kaivannon tukiseinä.

**Pohjarakennussuunnitelma** sisältää työselityksen ja laatuvaatimukset sekä niihin liittyvät pohjatutkimus- ja pohjarakennuspiirustukset sekä suunnitelmaselostuksen, jonka liitteenä ovat geotekniset ja rakenteelliset mitoituslaskelmat.

**Pohjarakennussuunnittelu** on maan ja kallion käyttäytymisen mitoitettua yhteensovittamista pohjarakenteiden kanssa siten, että myös yläpuoliset rakenteet toimivat suunnitellulla tavalla ja rakenne ei vaurioidu tai tule käyttökelvottomaksi esimerkiksi roudan, kosteuden tai haitallisten aineiden vaikutuksesta.

**Pohjarakentaminen** käsittää rakenteiden perustusten ja maanpinnan alapuolisten tilojen tarkoituksenmukaiseksi ja turvalliseksi rakentamiseksi tarvittavat kaivu-, tuenta-, kuivanapito-, tiivistys-, lujitus- ja muut rakennustyöt sekä pysyvien pohjarakenteiden rakennustyöt.

**Päällysrakenne** on radan rakenneosia, johon kuuluu tukikerros ja raide.

**Raide** koostuu ratapölkyistä, ratakiskoista, ratakiskojen kiinnitys- ja jatkososista sekä vaihteista ym. raiteen erikoisrakenteista.

**Raideväli** on vierekkäisten raiteiden keskilinjojen välinen lyhin etäisyys.

**Rakennekerrokset** ovat tuki-, väli-, eristys- ja suodatinkerros.

**Ratapenger** koostuu radan rakennekerroksista ja mahdollisesta pengertäytteestä.

**Routalevy** lisää rakenteen lämmöneristävyyttä ja estää tai vähentää radan rakenteen alla olevien maakerrosten routimista. Routalevyjen yleiset vaatimukset on esitetty InfraRYL:ssä /1/. Tarkemmat vaatimukset on esitetty routalevyjen osalta Ratahallintokeskuksen julkaisemissa XPS-routalevyjen teknisissä toimitusehdoissa /2/

**Sepeliraide** on raide, jossa tukikerroksen materiaalina on raidesepeli.

**Soraraide** on raide, jossa tukikerroksen materiaalina on raidesora.

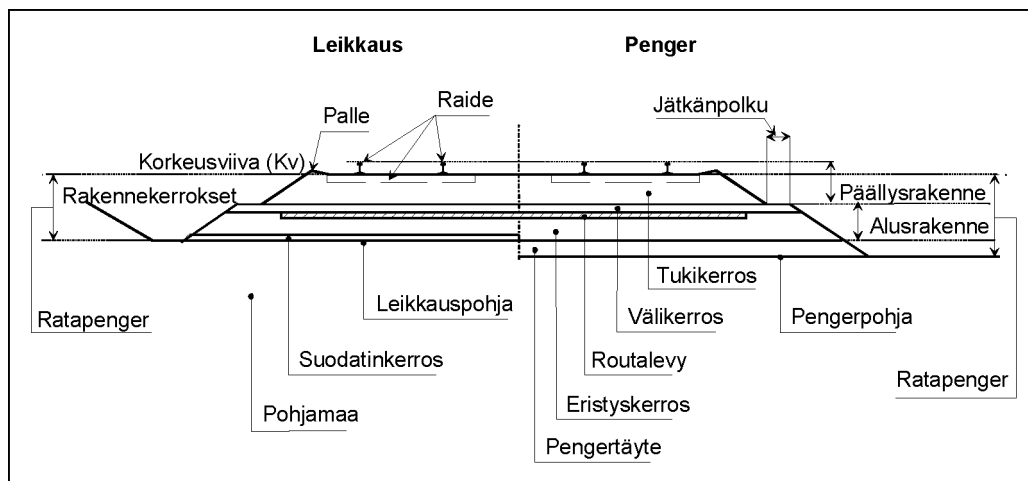
**Suodatinkerros** estää eristyskerroksen ja pohjamaan sekoittumisen. Suodatinkerroksessa käytettävät materiaalit on esitetty julkaisussa InfraRYL /1/. Yleisiä vaatimuksia voidaan täsmentää hankekohtaisilla vaatimuksilla.

**Suunnitteluperusteet** on Liikenneviraston kuhunkin suunnitteluvaiheeseen laatima hankekohtainen asiakirja työssä noudatettavista teknisistä ratkaisuksista ja toimintatavoista.

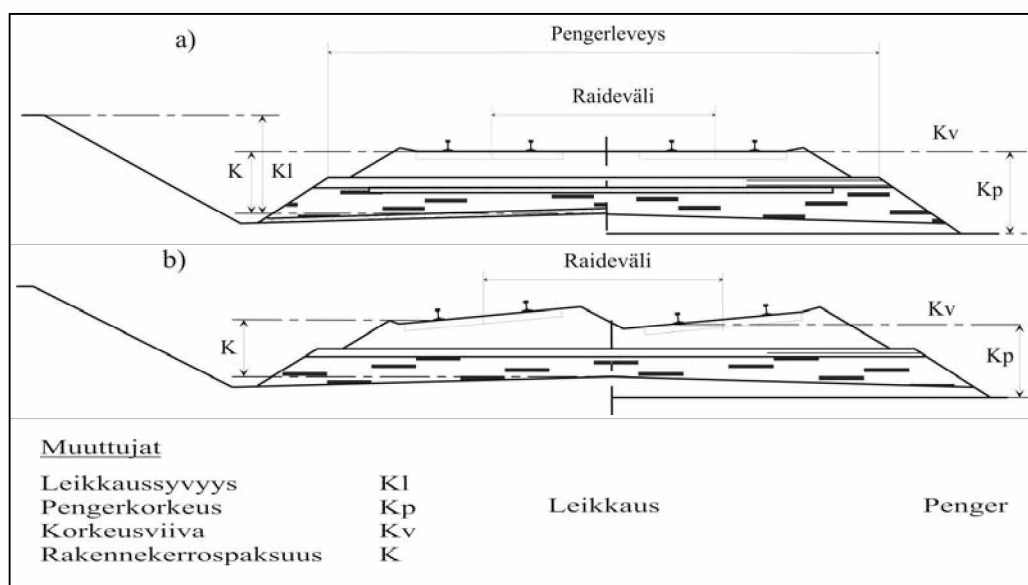
**Tukikerros** pitää raiteen geometrisesti oikeassa asemassa ja asennossa, jakaa kuormia alusrakenteelle ja muodostaa raiteelle tasaisen ja kantavan alustan. Tukikerroksen materiaalina käytetään raidesepeä tai raidesoraa. Tukikerroksen materiaalien laatuvaatimukset on esitetty julkaisuissa SFS-EN 13450 Raidesepekiiviaineet, SFS-EN 13450 Raidesepekiiviaineet, kansallinen soveltamisohje /3/, SFS-EN 13450 Raidesepekiiviaineet, CE –merkintä /4/ ja Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset (PYL) /5/.

**Välikerros** muodostaa tukikerrokselle tasaisen ja kantavan alustan ja estää tukikerroksen sekoittumisen alla oleviin rakennekerroksiin. Välikerroksen materiaali-vaatimukset on esitetty julkaisussa InfraRYL /1/. Yleisiä vaatimuksia voidaan tämentää hankekohtaisilla vaatimuksilla.

Radan rakenteeseen liittyviä nimityksiä on esitetty kuvissa 1 ja 2.



Kuva 1. Radan rakennearkeisiin liittyviä nimityksiä.



Kuva 2. a) Radan dimensioihin liittyviä nimityksiä ja b) niiden tulkinta, kun rata sijaitsee kaarteessa.

## 3.2 Radan alus- ja pohjarakenteiden suunnittelun ohjeistus

Radan alus- ja pohjarakenteiden suunnittelussa sovellettavien määräysten ja ohjeiden pätemisjärjestys on seuraava:

- Liikenteen turvallisuusviraston (TraFi) määräykset
- Eurokoodit kansallisine liitteineen (alla on oleellimmat lueteltuina):
  1. EN 1990 Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet /6/
  2. EN 1991 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat
  3. EN 1997 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu /7/
- Liikenneviraston antamat hankkeen suunnitteluperusteet
- NCCI 1 /8/, NCCI 7 /9/
- Liikenneviraston ohjeet, erityisesti ”Ratatekniset ohjeet, RATO”
- Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset InfraRYL /1/
- Muut alan yleiset ohjeet, joita ovat julkaisseet esimerkiksi Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. ja Suomen Geoteknillinen Yhdistys SGY r.y



## 3.3 Yleiset suunnitteluperusteet

### 3.3.1 Yleistä

Kaikki rataan liittyvät alus- ja pohjarakenteet ovat joko hyvin vaativia GL3 – esimerkiksi pehmeikölle perustettavat ratapenkereet ja ratakaivannot – tai vaativia GL2-pohjarakennuskohteita. Tästä johtuen niiden suunnittelu edellyttää aina geoteknistä erityisosaamista. Ellei hankekohtaisesti muuta sovita, on seuraamusluokka CC2.

Maanvaraisesti perustettavan radan geotekninen mitoitus samoin kuin mahdollisten vahvistus- ja pohjarakenteiden geotekninen ja rakenteellinen mitoitus on tehtävä siten, että itse pohjarakenteiden samoin kuin niiden varassa olevien rakenteiden painumat ja siirtymät ovat radan turvallisen liikennöinnin kannalta riittävän pienet ja että maapohjan ja rakenteiden varmuus sortumista, murtumista, eroosiota ja halkeilua vastaan on riittävän suuri. Radat suunnitellaan siten, että ne kantavat niille määritellyt kuormat kestävyys- ja muodonmuutosten suhteen tässä ohjeessa esitettyjen vaatimusten mukaan.

Sekä radan maanvaraisen perustamisen että mahdollisten vahvistus- ja pohjarakenteiden mitoitus tehdään ensisijaisesti laskennallisia menetelmiä käyttäen.

Seurantamittauksia voidaan käyttää vanhojen ratojen yhteydessä jäljempänä esitetyllä tavalla. Seurantamittauksilla tarkoitetaan ratapenkereen pitkäaikaisen käyttäytymisen seurantaa. Seurantamittauksia on käsitelty liitteessä 4.

TSI-infra:n suomenkielisessä käännöksessä Rautatiejärjestelmän infrastruktuuriosajärjestelmä /10/ käytetty termi ”kantavuus” (capability) tarkoittaa radan kykyä kestää sille kohdistuvia kuormia. Se ei tarkoita ainoastaan penkereen rakennekerrosten kantavuusmitoitusta (esim. Odemark).

Välittömiin korjaustoimenpiteisiin tai liikennerajoituksiin olemassa olevilla radoilla on ryhdyttävä aina, jos radassa todetaan merkittäviä siirtymiä, isoja vaurioita tai kiihtyvää rappeutumista.

### 3.3.2 Alus- ja pohjarakenteiden käyttöikä

Uuden radan alusrakenteen samoin kuin mahdollisten pohjanvahvistus- ja pohjarakenteiden käyttöikävaatimus on 100 vuotta.

Routalevyjen käyttöikävaatimus on 40 vuotta.

### 3.3.3 Jako uusiin ja vanhoihin ratoihin

Mitoitusmenettelyn valinta riippuu siitä, luetaanko kohde kuuluvaksi uusiin vai vanhoihin ratoihin. Alla on esitetty kriteerit valinnan suorittamiseksi:

Uudella radalla tarkoitetaan rataa, jonka avulla syntyy junareitti paikkaan, jossa ei sellaista ole ennestään.

Vanhalla radalla tarkoitetaan rataa, joka edellä esitetyn määritelmän mukaan ei ole uusi rata.

Seuraavat esimerkit, joissa tavoitteena on liikenneyhteyden suorituskyvyn parantaminen, ovat siis radan parantamista eivätkä uuden radan rakentamista:

- a) Vanhan radan osan oikaisu
- b) Ohitusradan rakentaminen
- c) Yhden tai useamman raiteen lisärakentaminen vanhalle reitille riippumatta siitä, mikä on alkuperäisten raiteiden ja lisäraiteiden välinen etäisyys.

Vanhaan rataa voi kohdistua seuraavia toimenpiteitä, jotka sinänsä eivät muuta rataa uudeksi radaksi:

- 1) Radan parantaminen (upgrading), jolla tarkoitetaan radan suorituskyvyn parantamista (esim. akselipaino, nopeus)
- 2) Radan uudistaminen (renewal), jolla tarkoitetaan radan osajärjestelmien systemaattista korvaamista siten, ettei radan suorituskky muutu
- 3) Kunnossapito (maintenance)

Poikkeuksena edellä mainittuun tulee pohjarakenteiden ja vahvistusten suunnittelussa huomioida seuraava:

Jos vanha rakenne korvataan kokonaisuudessaan uudella rakenteella, tulee sen mitoitus tehdä uuden radan vaatimusten mukaisesti. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi:

- a) Uusi silta
- b) Uusi paalulaatta

Sen sijaan mikäli vanhaa rakennetta ei korvata uudella vaan sen kykyä kestää kuormia tarkastetaan tai parannetaan esim. vahvistamalla, tehdään mitoitus vanhan radan vaatimusten mukaisesti. Tällaisia ovat esimerkiksi:

- a) Vastapenkereiden lisääminen
- b) Luiskamassanvaihtojen lisääminen
- c) Massa- tai lamellistabilointi
- d) Olemassa olevan pohjavahvistuksen tai rakenteen vahvistaminen.
- e) Olemassa olevan rakenteen stabiiliteettitarkastelu

### **3.3.4 Uusien ratojen suunnittelun yleisperiaatteet**

Uusien ratojen geotekninen suunnittelu tehdään SFS-EN 1990:n /6/ mukaan. Maa- ja maanpainerakenteet suunnitellaan em. standardin kuormakaavion LM71 mukaisille kuormille. SFS-EN1997-1 /7/ ja sen kansallisen liitteen lisäksi noudatetaan julkaisua ”Eurokoodien soveltamisohje, Geotekninen suunnittelu - NCCI 7” /9/. Edellä mainituissa julkaisuissa määritellään mm. mitoitusmenetelmä, kuormat, varmuusluvut ja kuormien yhdistely.

### **3.3.5 Vanhojen ratojen suunnittelun yleisperiaatteet**

Vanhojen ratojen vanhat rakenteet on suunniteltava kestäväksi standardissa SFS-EN15528 /11/ määritellyt junakuormat. Mitoitusmenettelyn ja varmuuslukujen osalta voidaan noudattaa dokumentteja SFS-EN1997-1 /7/, sen kansallinen liite sekä NCCI 7 /9/. Vaihtoehtoisesti mitoitus voidaan tehdä kokonaisvarmuusmenetelmällä. Vanhojen ratojen uudet rakenteet suunnitellaan kohdan 3.3.4 mukaan.



## 3.4 Pohjasuhteiden ja maakerrosten geoteknisten ominaisuuksien selvittäminen

Pohjatutkimusten on oltava määrällisesti ja laadullisesti riittävät radan maanvaraisen perustamisen sekä vahvistus- ja pohjarakenteiden laskennallisessa mitoituksessa tarvittavien geoteknisten mitoitusarvojen luotettavaan määrittämiseen.

Uusien ratojen osalta tulee radan alus- ja pohjarakenteiden suunnittelua ja rakentamista palvelevien pohjatutkimusten ohjelmointi ja raportointi tehdä SFS-EN 1997 /7/ mukaisesti. Tämän lisäksi voidaan sekä uusien että vanhojen ratojen osalta käyttää pohjatutkimusten ohjelmoinnissa ja pohjatutkimuksissa käytettävien tutkimusmenetelmien valinnassa soveltuvien osin seuraavissa julkaisuissa annettuja ohjeita:

1. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, TIEH 2100057-08 /12/
2. Radan stabiliteetin laskenta, olemassa olevat penkereet /13/
3. Sillan geotekninen suunnittelu /14/

Laskennallisessa mitoituksessa tarvittavien maakerrosten geoteknisten ominaisuuksien määrittämismenetelmiä on vastaavasti käsitelty mm. Ratahallintokeskuksen julkaisussa ”Radan stabiliteetin laskenta, olemassa olevat penkereet” /7/ ja Liikenneviraston julkaisussa ”Tien geotekninen suunnittelu” /15/.

## 3.5 Rakennusmateriaalien ominaisuudet geoteknisessä suunnittelussa

Radan alus- ja pohjarakenteiden rakentamisessa käytettävien rakennusmateriaalien laatuvaatimukset on esitetty InfraRYL:ssä /1/. Yleisiä laatuvaatimuksia voidaan aina täsmentää hankekohtaisilla laatuvaatimuksilla.

## 3.6 Alusrakenneluokat

Radat jaetaan viiteen alusrakenneluokkaan taulukon 1 mukaisesti. Alusrakenneluokan määrää joko henkilöliikenne tai tavaraliikenne riippuen siitä, kumman vaatimustaso on korkeampi.

Jatkuvakiskoraiteisen radan alusrakenteen on oltava aina vähintään alusrakenneluokan 1 mukainen.

Taulukko 1 Alusrakenneluokat.

| Alusrakenne-<br>luokka | Henkilöliikenteen<br>suurin sallittu<br>nopeus,<br>V [km/h] | Tavaraliikenteen suurin<br>sallittu nopeus 225 kN<br>akselipainolla,<br>V [km/h] | Tavaraliikenteen<br>suurin sallittu<br>nopeus 250 kN<br>akselipainolla,<br>V [km/h] |
|------------------------|---|--|---|
| 0                      | ≤ 50  | ≤ 40   | ≤ 40  |
| 1                      | ≤ 120   | ≤ 100  | ≤ 60  |
| 2                      | ≤ 200   | ≤ 100  | ≤ 80  |
| 3                      | ≤ 250   | ≤ 120  | ≤ 100   |
| 4                      | > 250   | > 120  | > 100   |

## 3.7 Mitoitusmenettely ja varmuusluvut

### 3.7.1 Uudet radat

#### 3.7.1.1 Stabiliateetti

Uusien ratojen stabiliateetti on tutkittava SFS-EN 1990 /6/ mukaan kappaleessa 3.8 esitetyille kuormille. Mitoitusmenetelmän ja varmuuslukujen osalta noudatetaan julkaisuja SFS-EN1997-1 /7/ ja sen kansallinen liite. Lisäksi noudatetaan julkaisua ”Eurokoodien soveltamisohje, Geotekninen suunnittelu - NCCI 7 /9/”.

#### 3.7.1.2 Stabilointi

Uusilla radoilla pilarisyvästabilointia tai määräsyvyyteen ulottuvaa lamelli- tai massa-stabilointia käytettäessä maapohjan kapasiteetin on oltava vähintään kokonaisvarmuuskerrointa  $F = 1,4$  vastaava laskien ilman syvästabilointia. Massa- tai lamellistabiloinnin ulottuessa kovaan pohjaan asti tätä vaatimusta ei kuitenkaan ole. Eloperäisten materiaalien stabilointi radan alla ei ole sallittua ilman soveltuvuuden seikkaperäistä selvitystä. Pilarisyvästabiloinnin ja massastabiloinnin yhdistelmän käyttäminen ratapenkereen perustamisessa ei ole sallittua ilman tarkempaa selvitystä stabiloinnin suhteellisista muodonmuutoksista ja muodostuvista vetojännityksistä.

### 3.7.2 Vanhat radat

#### 3.7.2.1 Stabiliateetti

Vanhojen ratojen rakenteet on suunniteltava kestämään kappaleessa 3.8 määritellyt SFS-EN15528:n /11/ mukaiset junakuormat. Mitoitusmenetelmän ja varmuuslukujen osalta voidaan noudattaa dokumentteja SFS-EN1997-1 /7/, sen kansallinen liite sekä NCCI 7 /9/. Vaihtoehtoisesti mitoitus voidaan tehdä kokonaisvarmuusmenetelmällä. Kuormien yhdistely tehdään NCCI 7 /3/ mukaan. Varmuuslukuina käytetään alla olevia arvoja:

*Taulukko 2. Vanhojen ratojen stabiliateetin laskennassa käytettävät kokonaisvarmuusluvut (vaihtoehto Eurokoodin mukaiselle mitoitukselle)*

| Mitoitustilanne  | Kokonaisvarmuusluku F |
|--|-----------------------|
| Tavanomaiset vanhat ratapenkereet <sup>1) 2)</sup>                 | 1,5                   |
| Siirtymille herkkä rakenteet, junakuorma = 0 kN/m <sup>1) 2)</sup> | 1,8                   |

1) Koskee myös vastapengertä

2) ”Siirtymille herkkä rakenteet” -kohtaa käytetään, jos ratapenkereen läheisyydessä on esimerkiksi paalutettuja tai muita siirtymille herkkiä rakenteita. Tällöin vaaditaan rivin mukainen varmuustaso ilman junakuormaa niille liukupinnoille, jotka ulottuvat kyseiseen siirtymille herkkään rakenteeseen, sekä 40 m siirtymävyöhykkeelle radan suunnassa.

Siirtymille herkkien rakenteiden kohdalla stabiliateetti tarkastetaan kummallekin yllä olevan taulukon mitoituslaitteelle.

Mitoitustilanteessa "Siirtymille herkätk rakenteet" käytetään lyhytaikaisille kuormille arvoa 0 kPa ja pitkäaikaisille ominaisarvoa. Jako pitkäaikaisiin ja lyhytaikaisiin kuormiin perustuu siihen, ehtiikö kuorma aiheuttaa pohjamaahan pysyviä plastisia muodonmuutoksia.

Olemassa olevien ratojen osalta voidaan stabiliteetin parantamisen sijasta asettaa seurantamittaus, kun radan stabiliteetin kokonaisvarmuus ilman uusia stabiliteettia parantavia toimenpiteitä on välillä  $F = 1,30 \dots 1,50$ . Seurantamittauksia on käsitelty liitteessä 4. Radan stabiliteetin kokonaisvarmuus ei saa missään tilanteessa alittaa arvoa  $F = 1,30$ , vaan tällöin on ryhdyttävä stabiliteettia parantaviin toimenpiteisiin. Seurantamittauksia on käsitelty liitteessä 4.

### 3.7.2.2 Stabilointi

Liikennöitävän käytössä olevan raiteen alla ei saa käyttää stabilointia, ilman tarkempaa selvitystä koskien lujittumisvaiheen stabiliteettia ja kestoa. Stabilointia voidaan käyttää radan sivussa.

### 3.7.3 Radan painumat

#### 3.7.3.1 Pysyvä painuma

Rata on suunniteltava siten, etteivät taulukossa 3 esitetyt tasaisen kokonaispainuman ja pituus- tai sivuttaiskaltevuuden muutoksen enimmäisarvot ylitä radan liikenteelle oton jälkeen.

Vaihealueilla sovelletaan aina alusrakenneluokan 4 mukaisia tasaisen kokonaispainuman ja pituus- ja sivuttaiskaltevuuden muutoksen enimmäisarvoja.

*Taulukko 3. Tasaisen kokonaispainuman sekä pituus- ja sivuttaiskaltevuuden muutoksen enimmäisarvot.*

| Radan<br>alus-<br>rakenne-<br>luokka | Painuma-<br>aika<br>100 vuotta<br>Tasainen<br>kokonais-<br>painuma<br>[mm] | 0-2 vuoden aikana tapahtuva<br>painuma  |  | 2-9 vuoden aikana tapahtuva<br>painuma  |  |
|--------------------------------------|--|---|--|---|--|
|                                      |  | Pituus-<br>kaltevuuden<br>muutos<br>[%] | Sivuttais-<br>kaltevuuden<br>muutos<br>[%] | Pituus-<br>kaltevuuden<br>muutos<br>[%] | Sivuttais-<br>kaltevuuden<br>muutos<br>[%] |
| 0                                    | 800  | 0,4                                     | 0,8  | 0,4                                     | 0,8  |
| 1                                    | 800  | 0,3                                     | 0,6  | 0,3                                     | 0,6  |
| 2                                    | 500  | 0,2                                     | 0,4  | 0,2                                     | 0,4  |
| 3                                    | 300  | 0,15                                    | 0,3  | 0,15                                    | 0,3  |
| 4                                    | 100  | 0,1                                     | 0,2  | 0,1                                     | 0,2  |

### 3.7.3.2 Palautuva painuma

Olemassa olevilla maanvaraisesti perustetuilla radoilla ratapölkystä mitattu radan palautuva pystysuuntainen painuma saa mitoitusakselipainon suuruisen kuormituksen vaikutuksesta olla enintään 8 mm pohjamaan ollessa turvetta ja muissa tapauksissa 4 mm.

Uusi maanvaraisesti perustettava rata tulee suunnitella ja rakentaa siten, että radan mitoitusakselipainon suuruinen kuormitus aikaansaa kiskon selässä vähintään 0,3 mm ja ratapölkyn yläpinnassa enintään 3 mm palautuvan pystysuuntaisen painuman.

Uusi rata ja uusi rakenne pitää suunnitella siten, että kiskon selän palautuva laskennallinen painuman muutos on korkeintaan 1,0 mm 20 m matkalla.

Tulopenkereitä on käsitelty Liikenneviraston julkaisussa Sillan geotekninen suunnittelu /14/.

### 3.7.4 Pengerleveyden mitoitus

Radan pengerleveydellä tarkoitetaan leveyttä, johon alusrakenteen ylin kerros rakennetaan. Näin pengerleveys on normaalisti välikerroksen yläpinnan leveys.

Radan pengerleveyden valinta riippuu seuraavista tekijöistä:

- Radan jäykkyys
- Raiteiden lukumäärä
- Alusrakenneluokka
- Radan geometria
- Raideväli
- Sillan läheisyys

Alusrakenneluokissa 0,1 ja 4 ratapenkereen vähimmäisleveys määräytyy taulukon 1 mukaisesti.

*Taulukko 4. Ratapenkereen vähimmäisleveys raiteiden lukumäärän ja raidevälin perusteella alusrakenneluokissa 0, 1 ja 4.*

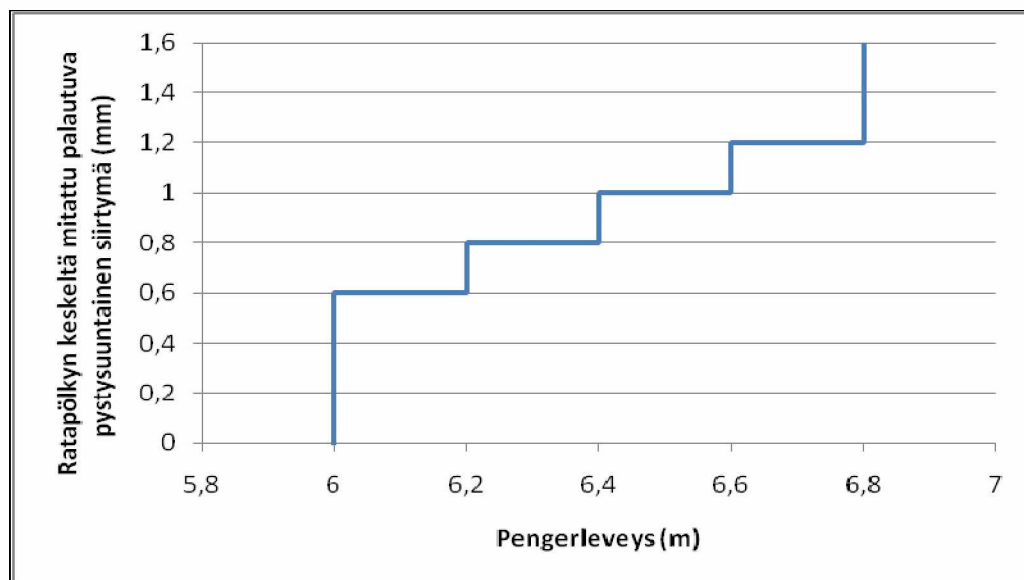
| Raiteiden lukumäärä <sup>1)2)</sup> | Radan alusrakenneluokka | Pengerleveys [m]  |                   | Raideväli [m] |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|---------------|
|                                     |                         | Suoralla          | Kaarteessa        |               |
| 1                                   | 0                       | 5,4 <sup>3)</sup> | 5,4 <sup>3)</sup> | —             |
| 1                                   | 1                       | 5,4 <sup>3)</sup> | 5,4 <sup>3)</sup> | —             |
| 1                                   | 1                       | 6,0               | 6,0               | —             |
| 2                                   | 1                       | 9,5               | 9,5               | 4,1           |
| 2                                   | 4                       | 12,5              | 12,5              | 4,7           |

o) Siltojen päiden penkereen levennys on suunniteltava ratkaisuna, jossa pengerlevennys ulottuu 4 metrin etäisyydelle reunimmaisen raiteen keskilinjasta 10 m matkalla alkaen sillan siipimuurin päästä ja se muuttuu radan poikkileikkauksen mukaiseksi seuraavan 5 m matkalla.

- 1) Kolme- ja useampiraiteisen radan poikkileikkaukset muodostetaan yksi- ja kaksiraiteisen radan normaalipoikkileikkauksista.
- 2) Pengerleveyttä 5,4 m voidaan käyttää alusrakenneluokan 1 radalla, jos henkilöliikenteen suurin sallittu nopeus  $V \leq 120$  km/h sekä tavaraliikenteen suurin sallittu nopeus 225 kN akselipainolla  $\leq 80$  km/h ja 250 kN akselipainolla  $\leq 50$  km/h.

Alusrakenneluokkien 2 ja 3 osalta noudatetaan olemassa olevilla radoilla alla kuvattua menettelyä.

Vaadittu ratapenkereen vähimmäisleveys määräytyy ratapölkystä mitatun pystysuuntaisen palautuvan siirtymän perusteella kuvan 3 ja taulukon 5 mukaisesti. Palautuvan pystysuuntaisen siirtymän mittausprosessi on kuvattu liitteessä 3.



Kuva 3. Ratapenkereen (luiskakaltevuus 1:1,5) vähimmäisleveys alusrakenneluokissa 2 ja 3 ratapölkyn keskeltä mitatun palautuvan pystysiirtymän perusteella.

Taulukko 5. Ratapenkereen (luiskakaltevuus 1:1,5) vähimmäisleveys alusrakenneluokissa 2 ja 3 ratapölkyn keskeltä mitatun palautuvan pystysiirtymän perusteella.

| Pingerleveys [m]  |                      | Mitattu ratapölkyn pystysuuntainen palautuva siirtymä [mm] |
|-------------------|----------------------|--|
| Suoralla          | Kaarteissa           |  |
| 6,0 <sup>2)</sup> | 6,4 <sup>1) 2)</sup> | <0,6   |
| 6,2 <sup>2)</sup> | 6,6 <sup>1) 2)</sup> | 0,6..0,8   |
| 6,4 <sup>2)</sup> | 6,8 <sup>1) 2)</sup> | 0,81..1,0  |
| 6,6 <sup>2)</sup> | 7,0 <sup>1) 2)</sup> | 1,01..1,2  |
| 6,8 <sup>2)</sup> | 7,2 <sup>1) 2)</sup> | >1,2   |

- 1) Kaarrelevitystä käytetään ainoastaan kaarteissa, joiden  $R < 3000$  m, jolloin pingerlevitys tehdään kokonaisuudessaan ulkokaarten puolelle. Pingerleveys ilman kaarrelevitystä on  $R < 3000$  m kaarteessakin riittävä silloin, kun radan rakenne rajoittuu kiinteään esteeseen (laiturit, kallioleikkaukset, sillat ja tunnelit).
- 2) Siltojen päiden penkereen levennys on suunniteltava ratkaisuna, jossa pingerlevennys ulottuu 4 metrin etäisyydelle reunimmaisen raiteen keskilinjasta 10 m matkalla alkaen sillan siipimuurin päästä ja se muuttuu radan poikkileikkauksen mukaiseksi seuraavan 5 metrin matkalla.

Pingerleveyttä 6,0 m luiskakaltevuudella 1:2 voidaan käyttää korvaavana vaihtoehtona leveydeltään 6,2–6,8 m oleville, luiskakaltevuuteen 1:1,5 rakennetuille ratapenkereille, mikäli se muista syistä arvioidaan mahdolliseksi tai tarkoituksenmukaiseksi.

Myös alusrakenneluokissa 2 ja 3 kaksiraiteisen radan ratapenkereen vaadittu vähimmäisleveys määräytyy ratapölkystä mitatun palautuvan pystysuuntaisen siirtymän perusteella samaan tapaan kuin yksiraiteisellakin radalla ottaen huomioon raideväli taulukon 6 mukaisesti.

*Taulukko 6. Kaksi- ja useampiraiteisten ratojen vaadittu vähimmäisraideväli alusrakenneluokissa 2 ja 3.*

| Radan alusrakenneluokka | Raideväli [m] |
|-------------------------|---------------|
| 2                       | 4,3           |
| 3                       | 4,5           |

Kolme- ja useampiraiteisen radan poikkileikkaukset muodostetaan yksi- ja kaksiraiteisen radan normaalipoikkileikkauksista.

Uusilla ratapenkereillä, alusrakenneluokkien 2 ja 3 radoilla toimitaan seuraavasti:

- 1 Lisäraiteen rakentamisen yhteydessä toimitaan kuten olemassa olevilla radoilla siten, että ratapölkyn siirtymämittaukset tehdään olemassa olevalta raiteelta.
- 2 Kokonaan uudella ratalinjalla voidaan käyttää pengerleveyttä 6,0 m (luiskakaltevuus 1:1,5) mikäli rata sijaitsee karkearakeisten pohjamaiden (Hk, Sr, Mr) alueella. Muissa tapauksissa käytetään pengerleveyttä 6,8 m (1:1,5).
- 3 Mikäli lisäraide tai uudella linjauksella oleva rata perustetaan paalulaatan tai tiivistetyn massanvaihdon varaan, voidaan käyttää pengerleveyttä 6,0 m (1:1,5)

Yllä kuvattu pengerleveyden määrittystapa vastaa ratapenkereen vähimmäisleveyttä enintään 250 kN akselipainolla. Mikäli halutaan tarkastella akselipainon nostoa 250 kN:sta ylöspäin, tulee ratapölkyn pystysiirtymän raja-arvoja skaalata vastaavasti seuraavan esimerkin mukaisesti:

Esimerkiksi jos akselipainoa nostetaan 250 kN:sta 300 kN:iin (korotus 20 %), pitää sallitun pystysuuntaisen siirtymän raja-arvoa pienentää vastaavasti 20 %. Tarvitaan siis 6,8 m leveä ratapenger, jos pystysuuntainen siirtymä  $> 0,8 \times 1,2 \text{ mm} \approx 0,95 \text{ mm}$

### 3.7.5 Routamitoitus

#### 3.7.5.1 Uudet radat, rataoikaisut ja lisäraiteen rakentaminen

Routaeristämättömillä radoilla routimattomien rakennekerrosten kokonaispaksuuden on oltava liitteen 1 kuvan 1 mukainen, kun radan alusrakenneluokka on 2, 3 tai 4. Alusrakenneluokan 1 radoilla routimattomien rakennekerrosten kokonaispaksuus saa kuitenkin olla 0,2 m ja alusrakenneluokan 0 radoilla 0,6 m liitteen 1 kuvan 1 mukaisia arvoja pienempi.

Routaeristettävien ratojen routamitoitus tehdään liitteen 1 mitoituskäyrästä avulla mitoituspakkasmäärän sekä vuotuisen ilman keskilämpötilan perusteella. Liitteen 1 kuvan 1 laadinnassa routamitoitus on tehty käyttäen kerran 50 vuodessa toistuvaa pakkasmäärää ( $F_{50}$ ). Käyrästä tarvittava mitoituspakkasmäärän toistumisjakso valitaan taulukosta 7 radan alusrakenneluokan perusteella.



Routalevyjen käyttö uusien ratojen, lisäraiteiden ja rataoikaisujen routasuojauksessa edellyttää aina Liikenneviraston lupaa.

*Taulukko 7 Routaeristettävän radan routamitoituksessa käytettävän mitoituspakkasmäärän toistumisjakson valinta radan alusrakenneluokan perusteella.*

| Radan alusrakenneluokka | Mitoituspakkasmäärän toistumisjakso [vuotta] |            |
|-------------------------|--|------------|
|                         | Ratalinja                                    | Vaihdealue |
| 0                       | 5  | 20         |
| 1                       | 20   | 50         |
| 2                       | 50   | 50         |
| 3                       | 50   | 50         |
| 4                       | 50   | 50         |

Jos radan väli- ja eristyskerroksen materiaalina käytetään murskattua kiviainesta, on liitteen 1 kuvien mukaisia routimattoman radan rakenepaksuuksia kasvatettava 15 %. Tämä on huomioitu liitteen 2 normaalipoikkileikkausten yhteydessä esitetyissä kokonaisrakennekerrospaksuuksissa (K).

Pohjamaa luokitellaan joko routivaksi tai routimattomaksi. Routivuuden arviointi tehdään julkaisun ”Ratojen routasuojaustarpeen selvittäminen, tutkimusohje” /15/ mukaisesti. Routimattomalla pohjamaalla olevia ratoja ei routasuojata.

#### **3.8.5.2 Parannettavat ja uudistettavat radat**

Pohjamaa luokitellaan joko routivaksi tai routimattomaksi. Routivuuden arviointi tehdään julkaisun ”Ratojen routasuojaustarpeen selvittäminen, tutkimusohje” /15/ mukaisesti. Routimattomalla pohjamaalla olevia ratoja ei routasuojata.

Routasuojauksen parantaminen toteutetaan ensisijaisesti siten, että routivat materiaalit vaihdetaan routimattomiin tai toissijaisesti rakenne routasuojataan routalevyjä käyttäen.

Routalevyjä käytettäessä ratarakenteen routamitoitus tehdään liitteen 1 mitoituskäyrästöjen avulla.

Routalevyä 40 mm käytetään vain siirtymärakenteissa.

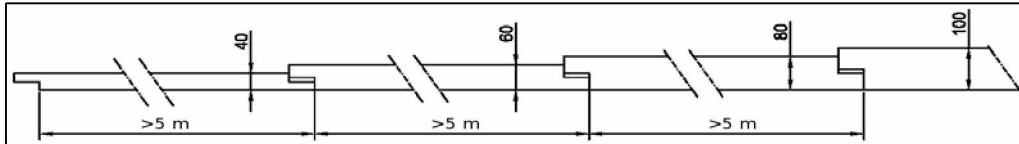
Routalevyjen käyttö edellyttää aina Liikenneviraston lupaa.

Uusien ratojen tapaan myös parannettavilla ja uudistettavilla radoilla on liitteen 1 kuvien mukaisia routimattomia radan rakenepaksuuksia kasvatettava 15 %, jos radan väli- ja eristyskerroksen materiaalina on käytetty murskattua kiviainesta.

Routaeristetyssä rakenteessa routalevyn alapuolella olevan routimattoman alusrakennekerroksen vähimmäispaksuus on 300 mm käytettäessä luonnonmateriaaleja ja 450 mm käytettäessä murskattua kiviainesta. Lisäksi etäisyys

routalevyn alapinnasta ylimpään pohjavedenpintaan tulee olla suurempi kuin routalevyn alla olevan materiaalin kapillaarinen nousukorkeus.

Routalevytetty osuus päätetään aina siirtymäkiilaan. Kuvassa 4 on esitetty esimerkki kiilan rakenteesta. Tarvittaessa voidaan käyttää 5 m pidempiä osuuksia.



Kuva 4. Esimerkki routalevytetyn jakson päättämisestä.

Liitteessä 1 on routamitoituskäyrästöjen sekä pakkasmäärä- ja keskilämpötilakarttojen ohella esitetty esimerkki routamitoituksesta.

Vanhan routalevyn poisto tai paikalleen jättäminen määritetään suunnittelu-perusteissa.

Vaihteiden routasuojaus on esitetty ohjeessa RATO 14.

Rumpujen ja muiden rakenteen epäjatkuvuuskohtien kohdalla on oleellista ensin huolellisesti tarkastella, onko havaittu epätasaisuusongelma lainkaan routimiseen liittyvä vai onko se enemmänkin seurausta routimisesta riippumattomasta rakenteen jäykkyyden ja muodonmuutuskäyttäytymisen muutoksesta. Routaongelmista kärsivien rumpujen kohdalla ongelman aiheuttajana on tarkasteltava myös rummun alapuolisen rakenteen routimisen mahdollisuutta. Rumpujen routaongelmien lievityskeinoina on syytä tarkastella myös mahdollisuutta rumpuputken sisäpinnan lämmöneristykseen, ja erityisesti talvikaudella kuivana olevan rummun tapauksessa rummun päiden lämmöneristyksellä saatavaa etua.

### 3.7.6 Siltojen ja paalulaattojen mitoitus

Siltoihin liittyvät asia on esitetty ohjeessa 'Sillan geotekninen suunnittelu' /14/. Paalulaattoihin liittyvät asiat on esitetty ohjeessa 'Paalulaatat ja paaluhatturakenteet' /17/.

## 3.8 Ulkoiset kuormat

### 3.8.1 Junakuorma

Radan maanvaraisen perustamisen sekä alus- ja pohjarakenteiden mitoituksessa käytettävä pystysuoran junakuorman ominaisarvo saadaan kertomalla kyseisen kuormakaavion perusteella määräytyvät, paikallaan olevan junan aiheuttamaa staattista kuormaa vastaavat nauha- ja akselikuormat asianomaisella sysäyskertoimella  $\phi_v$ . Junakuorman laskenta-arvo saadaan junakuorman ominaisarvosta kertomalla se yhdistelykertoimella ja junakuorman osavarmuusluvulla.

Kappaleessa 3.8.2 on esitetty YTE-rataluokat. Ratoja voidaan suunnitella taulukossa 9 esitetyjä suuremmille akselipainoille ja nopeuksille.

### 3.8.2 Kuormakaavioiden valinta

#### UUDET RADAT:

Uusien ratojen geoteknisessä mitoituksessa käytetään SFS-EN1991-2 /18/ mukaista kuormakaaviota LM71.

Suunnittelussa käytetään 350 kN sallittua akselipainoa, ellei hankkeen suunnitteluperusteissa muuta esitetä.

#### VANHAT RADAT:

Suunnittelussa käytettävä YTE-rataluokka ja siitä seuraava kuormakaavio esitetään suunnitteluperusteissa. Mikäli suunnitteluperusteissa ei ole asiaa esitetty, käytetään voimassa olevan rataverkon kuvauksen mukaista YTE-rataluokkaa.

*Taulukko 8. YTE-rataluokat sekaliikenteen osalta*

| YTE-rataluokka                           | Lyhenne sekaliikenteen osalta |
|--|-------------------------------|
| Uusi keskeinen TEN-verkon rata (IV)      | IV-M                          |
| Parannettu keskeinen TEN-verkon rata (V) | V-M                           |
| Muu uusi TEN-verkon rata (VI)            | VI-M                          |
| Muu parannettu TEN-verkon rata (VII)     | VII-M                         |

YTE-rataluokan perusteella määräytyy käytettävä akselipaino ja kuormituskaavio sekä siihen liittyvä nopeus. Alla olevassa taulukossa on YTE-rataluokittain esitetty junakuormaa ja nopeutta koskevat vaatimukset. Stabiliateetin, painumien ja maanpainerakenteiden mitoituksessa on yleensä mitoittava raskain tavaravaunu tai veturi. Värähtelytarkasteluissa on yleensä mitoittavana suurin sallittu nopeus.

Taulukko 9. YTE-rataluokat ja niitä vastaavat kuormakaaviot (EN-rataluokka – nopeus yhdistelmät)

| YTE-rataluokka | Matkustajavaunut (1) (2) | Tavaravaunut                     | Veturit (1) (3) (4)   | Moottorijunat, vetokalusto ja kiskobussit (1) (2)                             |
|----------------|--------------------------|----------------------------------|---|---|
| IV-M           | B1 <sup>(5)</sup> – 200  | E5 – 100<br>D4 – 120<br>B2 – 140 | D2 – 200<br>L6 <sub>19</sub> L6 <sub>20</sub> L6 <sub>21</sub> L6 <sub>22</sub> – 160<br>D4xL – 140                               | B1 <sup>(5)</sup> – 200<br>C2 <sup>(6)</sup> – 180<br>D2 <sup>(7)</sup> – 120 |
| V-M            | B1 <sup>(5)</sup> – 160  | D4 – 100                         | L4 <sub>21,5</sub> – 160<br>L4 <sub>22,5</sub> – 140<br>L6 <sub>19</sub> L6 <sub>20</sub> L6 <sub>21</sub> L6 <sub>22</sub> – 140 | C2 <sup>(6)</sup> – 160<br>D2 <sup>(7)</sup> – 100                            |
| VI-M           | B1 <sup>(5)</sup> – 140  | B2 – 140<br>D4 – 120<br>E4 – 100 | D2 – 140<br>D4xL – 140  | C2 <sup>(6)</sup> – 140<br>D2 <sup>(7)</sup> – 120                            |
| VII-M          | B1 <sup>(5)</sup> – 120  | C2 – 100                         | L4 <sub>21,5</sub> – 120<br>L4 <sub>21,5</sub> – 100<br>L6 <sub>19</sub> L6 <sub>20</sub> L6 <sub>21</sub> – 80                   | B1 <sup>(5)</sup> – 120   |

## Yläindeksit:

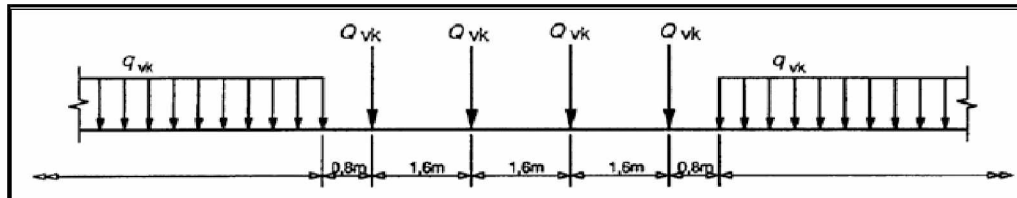
- (1) Matkustajavaunut (mukaan lukien henkilö- ja matkatavaravaunut sekä autonkuljetusvaunut), muu liikkuva kalusto, veturit, moottorivaunut, sähkö- ja dieselmoottorijunat, vetokalustot ja kiskobussit on määriteltävä liikkuvan kaluston YTE:ssä. Kevyet tavaravaunut määritellään matkatavaravaunuiksi, paitsi että niitä voidaan siirtää muodostelmissa, joita ei ole tarkoitettu henkilöiden siirtämiseen.
- (2) Rakenteita koskevat vaatimukset ovat yhteensopivia, kun kyseessä ovat sellaiset matkustajavaunut, matkatavaravaunut, autonkuljetusvaunut, kevyet tavaravaunut tai sähkö- ja dieselmoottorijunissa ja vetokalustoissa olevat vaunut, joiden pituus voi olla 18–27,5 m tavanomaisissa ja taivutissa vaunuissa ja 9–14 m, jos juna on yksiaksellinen.
- (3) Kun tarkistetaan infrastruktuurin vähimmäisvaatimuksia, voidaan vaihtoehtoisina vähimmäisvaatimuksina ilmoitetuille veturiluokille käyttää seuraavia EN-rataluokkia: luokkiin L4<sub>21,5</sub> L4<sub>22,5</sub> sovelletaan suuretta D2 ja luokkiin L6<sub>19</sub> L6<sub>20</sub> L6<sub>21</sub> L6<sub>22</sub> sovelletaan suuretta D4xL.
- (4) Rakenteita koskevat vaatimukset ovat yhteensopivia, kun kyseessä on korkeintaan kaksi peräkkäistä kytkettyä veturia ja/tai moottorivaunua. Jos suurin tuntinopeus on 120 km/h, rakenteita koskevat vaatimukset ovat yhteensopivia, kun peräkkäin kytkettyjä vetureita ja/tai moottorivaunuja on kolme tai enemmän (tai kyseessä on yhdistelmä, jossa on vetureita ja/tai moottorivaunuja). Veturien ja moottorivaunujen on noudatettava tavaravaunuille asetettuja vastaavia raja-arvoja.
- (5) Rakenteita koskevat vaatimukset ovat yhteensopivia, kun keskimääräinen massa pituusyksikköä kohden kunkin vaunun pituudelta on 2,75 t/m.
- (6) Rakenteita koskevat vaatimukset ovat yhteensopivia, kun keskimääräinen massa pituusyksikköä kohden kunkin vaunun pituudelta on 3.1 t/m.
- (7) Rakenteita koskevat vaatimukset ovat yhteensopivia, kun keskimääräinen massa pituusyksikköä kohden kunkin vaunun pituudelta on 3,5 t/m.

Yllä olevan taulukon vaunutyyppeihin liittyvät merkinnät tarkoittavat kuormakaavio – nopeus pareja. Esimerkiksi D4 – 100 tarkoittaa kuormituskaavion D4 (taulukko 12) mukaista vaunua nopeudella 100 km/h.

### 3.8.3 Kuormakaaviot

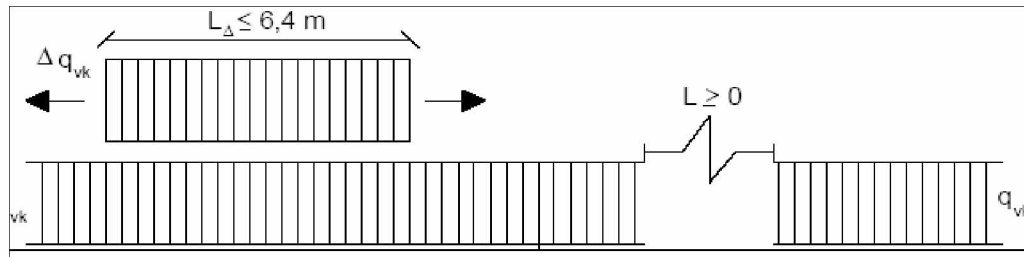
#### UUDET RADAT:

LM71 kuormakaavio muodostuu nauhakuormasta  $q_{vk}$  ja neljästä akselikuormasta  $Q_{vk}$ , jotka sijaitsevat 1,6 m etäisyydellä toisistaan. Kuormakaavio LM71 on esitetty kuvassa 5 ja sitä vastaavat akselipainot taulukossa 11.



Kuva 5. SFS-EN1991-2/18/ mukainen kuormakaavio LM71.

Kun radan korkeusviivan ja tarkastelutason välinen etäisyys on suurempi kuin 0,80 m, voidaan kuormakaaviota käsitellä kuvan 6 ja taulukon 10 mukaisesti kahtena tasaisena kuormana  $q_{vk}$  ja  $\Delta q_{vk}$ .



Kuva 6. Kuormakaavion LM71 käsittely kahtena tasaisena kuormana.

Taulukko 10. Kuormakaavion LM71 mitoitusakselipainot, niiden tunnukset sekä vastaavat staattiset nauhakuormien ja akselikuormien arvot.

| Kaluston sallittu akselipaino [kN] | Mitoituskuorma-kaavion tunnus | Mitoituskuorma-kaavion nauha-kuorma, $q_{vk}$ [kN/m] | $\Delta q_{vk}$ [kN/m] | Mitoituskuorma-kaavion akseli-kuormat, $Q_{vk}$ [kN] |
|------------------------------------|-------------------------------|--|------------------------|--|
| 170                                | LM71-17                       | 60   | 58                     | 188  |
| 225                                | LM71-22,5                     | 80   | 76                     | 250  |
| 250                                | LM71-25                       | 88   | 84                     | 275  |
| 300                                | LM71-30                       | 106  | 102                    | 333  |
| 350                                | LM71-35                       | 120  | 111                    | 370  |

Edellä esitettyjen kuormakaavioiden käyttö edellyttää 3D-tarkastelua. Mikäli laskenta tehdään tavanomaisella 2D stabiliteettiohjelmalla, käytetään alla olevia kuorman arvoja

Taulukko 11. Kuormakaavion LM71 2D-stabiliteettilaskennassa käytettävät arvot.

| Kaluston sallittu akselipaino [kN] | Mitoituskuorma-kaavion tunnus | 2D-stabiliteettilaskennassa käytettävä nauhakuorma $q_{stab}$ [kN/m] |
|------------------------------------|-------------------------------|--|
| 170                                | LM71-17                       | 110  |
| 225                                | LM71-22,5                     | 137  |
| 250                                | LM71-25                       | 149  |
| 300                                | LM71-30                       | 163  |
| 350                                | LM71-35                       | 195  |

# VANHAT RADAT



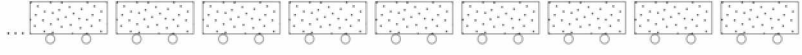




Vanhojen ratojen mitoituksessa käytetään alla olevan taulukon mukaisia kuormakaavioita.

Taulukko 12. SFS-EN15528 /11/ mukaiset kuormakaaviot ja mitoitusakselipainot.

| Referenssi<br>vaunu | Akselikuorma<br>P (t) | Metripaino<br>p (t/m) | Mitat |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| C2                  | 20                    | 6,4                   |       |
| C3                  | 20                    | 7,2                   |       |
| C4                  | 20                    | 8,0                   |       |
| D2                  | 22,5                  | 6,4                   |       |
| D3                  | 22,5                  | 7,2                   |       |
| D4                  | 22,5                  | 8,0                   |       |
| xL-a                | 20                    | 8,0                   |       |
| xL-b                | 22,5                  | 7,4                   |       |
| E4                  | 25                    | 8,0                   |       |
| E5                  | 25                    | 8,8                   |       |

Alla olevassa taulukossa on esitetty miten taulukon 12 kuormakaavioita tulee ryhmitellä laskennassa.

Taulukko 13. Standardin SFS-EN15528 /11/ mukaiset EN-rataluokat

| EN-rataluokka   | Referenssivaunujen sijoittelu<br>n ... rajoittamaton lukumäärä   |
|---|--|
| C4  | n x C4<br>   |
| D2  | n x D2<br>   |
| D3  | n x D3<br>   |
| D4  | n x D4<br>  |
| D4xL <sup>a</sup>   | n x D4      xL-a    xL-b    xL-a      n x D4<br> |
| E4 <sup>b</sup>   | n x E4<br>                                       |
| E5  | n x E5<br>                                       |
| <p>a    D4xL pätee vain vetureille</p> <p>HUOMAUTUS 1    D4xL voidaan käyttää muun tyyppisille liikennevälineille</p> <p>b    E4 ja E5 pätee vain tavaravaunuille</p> <p>HUOMAUTUS 2    D4xL &gt; D4, mutta D4xL ≠ E4, E5</p> <p>HUOMAUTUS 3    Erikoisliikenne voidaan myös luokitella muiden ohjeiden tai erilaisten EN-rataluokkien mukaisesti (esim. EN-rataluokka F - 27,5 t tai G - 30 t)</p> |  |

Edellä esitettyjen kuormakaavioiden käyttö edellyttää 3D-tarkastelua. Mikäli laskenta tehdään tavanomaisella 2D stabiliteettiohjelmalla, käytetään alla olevia kuorman arvoja.



*Taulukko 14. SFS-EN15528 /11/ mukaisten EN-rataluokkien 2D-stabiliteetilaskennassa käytettävät arvot.*

| EN-rataluokka | 2D-stabiliteetilaskennassa käytettävä<br>nauhakuorma<br>$q_{stab}$ [kN/m] |
|---------------|---|
| C2            | 83  |
| C3            |   |
| C4            |   |
| D2            | 92  |
| D3            |   |
| D4            |   |
| D4xL          | 101   |
| E4            |   |
| E5            |   |

### 3.8.4 Sysäys

Uusien ratojen suunnittelussa sysäyskerroimelle käytetään arvoa  $\varphi_v = 1,25$

Vanhojen ratojen suunnittelussa sysäyskerroimelle  $\varphi_v$  käytetään liikennöinti-  
nopeudesta ja radan kunnossapitotasosta riippuvaa arvoa. Sysäyskerroin lasketaan  
kaavojen 3.8:1 ja 3.8:2 sekä taulukon 3.8:8 mukaan.

$$\varphi_v = 1 + n \cdot \left( 1 + 0.5 \frac{V - 60}{K_i} \right), \text{ kun } V > 60 \text{ km/h} \quad (3.8:1)$$

$$\varphi_v = 1 + n, \text{ kun } V \leq 60 \text{ km/h} \quad (3.8:2)$$

$n$  = rataosan kunnossapitotasosta riippuva kerroin  
 $V$  = kyseessä olevan junatyypin liikennöinti-  
nopeus rataosalla  
 $K_i = 80$  tavarajunilla ja  $K_i = 190$  matkustajajunilla

*Taulukko 15. Rataosan kuntoluokka, kunnossapitotaso ja  $n$ -kerroin.*

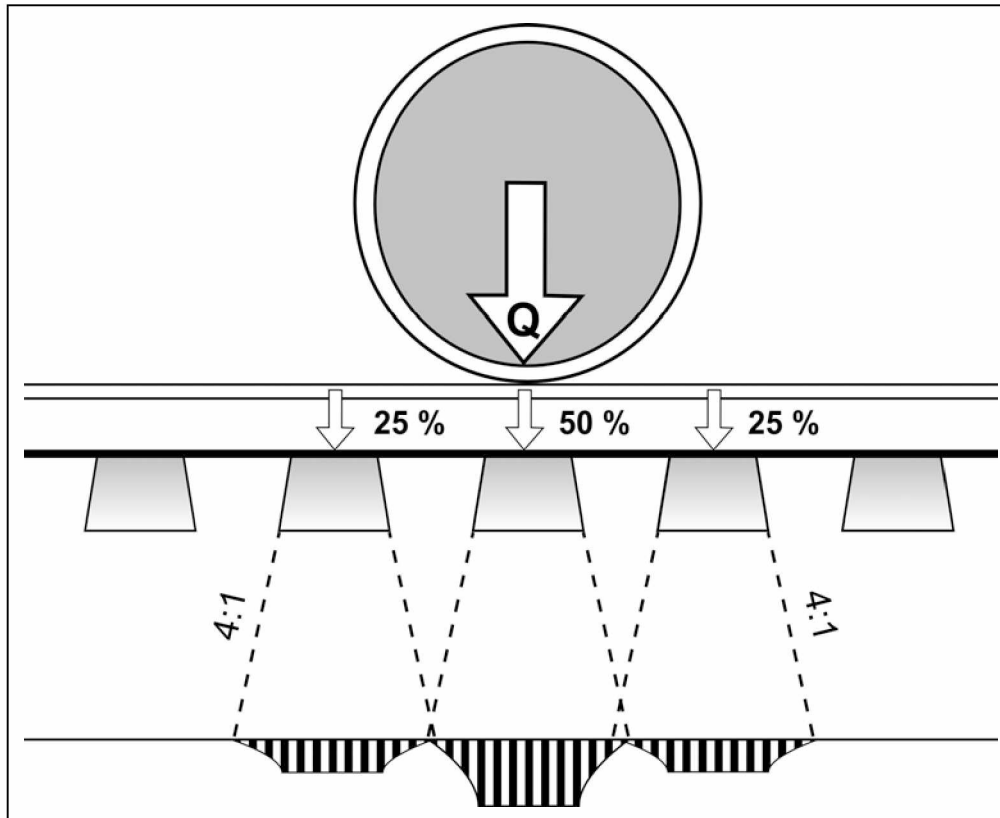
| Rataosan kuntoluokka      | Kunnossapitotaso | Kerroin $n$ |
|---------------------------|------------------|-------------|
| Korkea kunnossapitotaso   | 1A, 1AA          | 0,15        |
| Normaali kunnossapitotaso | 1 - 4            | 0,20        |
| Alhainen kunnossapitotaso | 5 - 6            | 0,25        |

Pohjarakennustyömaan kohdalla kertoimelle  $n$  käytetään aina arvoa  $n = 0,25$ .

Maanvaraisen penkereen stabiliteetin osalta mitoittava tilanne on pysähtynyt juna,  
jolloin sysäyskerroimen arvo on 1,0.

### 3.8.5 Pystysuorien kuormien jakaantuminen

Pystysuoran junakuorman jakaantuminen ratapölkkyjen kautta ratapenkereeseen voidaan otaksua kuvan 3.7:3 mukaiseksi.



Kuva 7. Pystysuoran junakuorman jakaantuminen ratapölkkyistä ratapenkereeseen. Ratapölkyn pituussuunnassa kuormitus kohdistuu molempiin päihin, runsaalle ratapölkyn kolmasosalle.

Tukikerroksessa kuorman voidaan olettaa jakaantuvan 4:1 kaltevuudessa ja muissa maakerroksissa 2:1 kaltevuudessa.

### 3.8.6 Vaakakuormat

Junasta aiheutuvan keskipakovoiman vaikutus on otettava huomioon mitoitettaessa kaarteissa sijaitsevan radan stabiilitettä ulkokaarten puolelle. Maanpainerakenteiden mitoituksessa on huomioitava keskipakovoimasta ja sivusuuntaisesta sysäyksestä aiheutuvat voimat.

Keskipakovoimasta aiheutuva kuorman ominaisarvo vaikuttaa 2 m korkeudella kiskon selästä ja lasketaan kaavalla 3.8:3.

$$F = P \cdot \frac{V^2}{9,81 \cdot R} \quad (3.8:3)$$

P = pystykuorma [kN] (ilman sysäyslisää)

R = kaarresäde

v = tavoitenopeus [m/s]

Sivusuuntaisen sysäyskuorman arvoja on annettu taulukossa 16.

*Taulukko 16. Kaluston sallittua akselipainoa vastaava sivusuuntainen sysäyskuorma /8/*

| Kaluston sallittu akselipaino [kN] | Sivusuuntainen sysäyskuorma [kN] |
|------------------------------------|----------------------------------|
| 350                                | 146                              |
| 300                                | 133                              |
| 275                                | 121                              |
| 250                                | 110                              |
| 225                                | 100                              |
| 170                                | 75                               |

### 3.8.7 Muut radan alus- ja pohjarakenteisiin kohdistuvat kuormat

Junakuorman lisäksi radan alus- ja pohjarakenteiden mitoituksessa tulee ottaa huomioon myös muut tapauskohtaisesti määräytyvät rakenteita kuormittavat tekijät, kuten ratapenkereen sisäisestä maanpaineesta paaluperustuksille ja paalulaatoille aiheutuvat vaakakuormat sekä paaluihin kohdistuvan negatiivisen vaippahankauksen vaikutus.

### 3.8.8 Työkonekuormat

Rakentamisen aikaisissa tilanteissa työkonekuorman ominaisarvoksi on otaksuttava vähintään 10 kPa suuruista tasaista pintakuormaa vastaava kuorma. Laaja-alaisena vaikuttavien työkonekuormien suuruus on kuitenkin arvioitava tapauskohtaisesti erikseen. Raskaiden työkoneiden osalta – esimerkiksi raskaat autonosturit, kaivin-paalukoneet, dumpperit ja raskaat paalutuskoneet – työkonekuorman suuruus on myös arvioitava tapauskohtaisesti erikseen.

Suunnitelmasta tulee ilmetä mitoituksessa käytetty työkonekuorma.

### 3.8.9 Maanpaine

Ratapenkereessä olevan maanpainerakenteen mitoitus tehdään ohjeen ”Sillan geotekninen suunnittelu” /14/ mukaan.

### 3.8.10 Vedenpaine ja huokosveden ylipaine

Ratapenkereen läpi ei saa tapahtua jatkuvaa suotovirtausta eli ratapenger ei saa missään olosuhteissa toimia maapatona.

Mitoittava vedenpinta arvioidaan julkaisun ”NCCI 7 /9/” mukaisesti.

Pohjarakennustöiden aiheuttaman huokosveden ylipaineen vaikutus arvioidaan soveltaen Ratahallintokeskuksen ohjetta ”Radan stabiliteetin laskenta, olemassa olevat penkereet” /13/.

Jos huokosveden ylipaineesta aiheutuu vaaraa radan stabiliteetille, huokosveden-paineen kehittymistä on aina seurattava tarkkailumittausjärjestelmän avulla. Hälytys-rajana radan stabiliteettia turvaaviin toimenpiteisiin valmistautumiselle on tällöin se, kun huokosveden ylipaine on saavuttanut puolet etukäteen arvioidusta sortumaan

johtavasta arvostaan. Raja-arvona töiden välittömälle keskeyttämiselle ja radan stabiliteettia turvaavien toimenpiteiden käynnistämiseksi on vastaavasti suunnittelun perustana käytetyn huokosveden ylipaineen arvon saavuttaminen.

### 3.8.11 Värähtely ja tärinä

Kvasistaattisella menetelmällä, jossa käytetään seisovan junan kuormaa kerrottuna sysäyskertoimella, ei pystytä ennustamaan nopeiden junien aikaansaamaa pengervärähtelyriskiä. Mikäli värähtelyriski on mahdollinen, värähtely arvioidaan dynaamisella analyysillä. Dynaaminen analyysi saattaa olla tarpeen seuraavissa tapauksissa, jos henkilöjunien nopeus tarkasteltavalla raiteella voi olla suurempi kuin 160 km/h.

- 1) Penkereen ja tiiviin tai lujan penkereen alapuolisen maakerroksen yhteenlaskettu paksuus raiteen kohdalla on alle 2,5 m sekä näiden alla on pehmeä, vähintään 1 m paksu turve- taikka liejukerros.
- 2) Penkereen ja tiiviin tai lujan penkereen alapuolisen maakerroksen yhteenlaskettu paksuus raiteen kohdalla on alle 2,5 m sekä näiden alla on savikerros, joka on a) paksuudeltaan vähintään 2 m ja jonka suljettu leikkauslujuus on keskimäärin alle 20 kN/m<sup>2</sup>, taikka b) paksuudeltaan on yli 4 m ja suljetulta leikkauslujuudeltaan keskimäärin alle 30 kN/m<sup>2</sup>.

Jos värähtelyriski on edellä mainittujen ehtojen 1. tai 2. perusteella mahdollinen, tarkempi arviointi voidaan tehdä määrittämällä raiteen alapuolisen maakerroksen leikkausaallon etenemisnopeus. Leikkausaallon etenemisnopeus voidaan määrittää häiriintymättömillä maanäytteillä tehtävillä kokeilla laboratoriossa (Resonant Column taikka Bender-Element -koe) ao. penkereen alapuolisessa maan jännitystilassa taikka suoraan maastossa tehtävillä leikkausaallon etenemisnopeuden mittauksilla kuten nk. Cross-hole -mittauksilla. Savissa, joiden vesipitoisuus on välillä 30...120 %, leikkausaallon nopeus,  $v_s$  [m/s], on likimäärin arvioitavissa vesipitoisuuden,  $w$  [%], avulla kaavalla 3.8:4.

$$v_s = 135 - 0,75 \cdot w \quad (3.8:4)$$

Leikkausaallon nopeuden tulee olla vähintään 1,4 -kertainen verrattuna henkilöjunan suurimpaan nopeuteen raiteella.

Mikäli rakennustyö tai muu tärinä aiheuttaa maan lujuuden pienenemistä joko häiriintymisen tai huokosvedenpaineen nousun kautta, tulee tämä huomioida suunnittelussa.

## 3.9 Radan ympäristögeotekniset suunnittelu- perusteet

### 3.9.1 Junaliikenteen aiheuttama tärinä

Uusien ratojen suunnittelussa ja perustamisessa liikennetärinästä aiheutuvat ympäristöhaitat on otettava huomioon siten, ettei tärinästä aiheudu vaurioita rakennuksille tai kohtuutonta häiriötä rakennuksissa oleville ihmisille.

Junaliikenteestä syntyvän tärinän voimakkuus alueilla, joita käytetään, taikka on suunniteltu käytettäväksi, asumiseen tai sitä vastaaviin tarkoituksiin, ei saa ylittää viitteessä /19/ esitettyjä tärinän tunnuslukuja. Tunnusluvut on annettu häiritsevyyden suhteen ja ihmisen herkkyyden suhteen painotettuina. Uusille radoille ja radoille, joilla liikennenopeutta tai akselipainoja nostetaan aikaisempaan verrattuna, sovelletaan tärinän tunnusluvun luokkaa C (ks. viite 19). Vanhoilla radoilla sovelletaan luokkaa D. Vertailu tärinän tunnuslukujen suhteen tulee tehdä erikseen sekä vaaka- että pystysuunnissa. Tapauskohtaisesti voidaan arvioida haitan kohtuullisuuden ja tärinähaitan pienentämisen keinojen käytettävyyden perusteella sovellettavat tunnusluvut hanke- ja aluekohtaisesti.

Rakennusten ja rakenneosien vaurioituminen tapahtuu yleensä merkittävästi häiritsevyyttä suuremmilla tärinätasoilla. Radan suunnittelussa vaurioitumisen suunnitteluarvona voidaan käyttää heilahdusnopeuden maksimiarvoa. Perinteisesti rakennetuille betoni-, tiili- tai puurakennuksille perustuksesta mitatun värähtelyn maksimiarvon tulee olla pienempi kuin 4 mm/s, kun dominoiva värähtelytaajuus on alueella alle 10 Hz. Taajuusalueella 10 - 30 Hz raja-arvo on 5 mm/s ja yli 30 Hz:n alueella 6 mm/s.

Erityisen ongelmallisia tärinän leviämisen suhteen ovat savikkolaaksopainanteet. Savikkoalueilla värähtely leviää tehokkaasti ja leviävän tärinä taajuus on useimmiten alle 10 Hz. Tällöin riskinä on rakennuksen rungon ja kantavien lattioiden resonanssi.

Liikennetärinä niveltyy kiinteästi alueiden maankäytön suunnitteluun. Vaikutusten arvioimisessa alueiden käyttöön tulee olla tarvittaessa yhteydessä kuntien maankäytön suunnitteluun.

### 3.9.2 Rakentamisesta aiheutuvat vaikutukset

Rakennustöiden ympäristölle aiheuttamia vaikutuksia voivat olla muun muassa pohjaveden alentuminen, maanpinnan painuminen tai kohoaminen ja maan sivuttaissuuntaiset liikkeet, paalutus-, louhinta- ja tiivistystöiden aiheuttama tärinä sekä melu ja pöly. Näiden vaikutukset otetaan huomioon InfraRYL:n /1/ asianomaisissa osissa esitetyllä tavalla.

### 3.10 Radan normaalipoikkileikkaukset

Radan rakenteesta on laadittu normaalipoikkileikkaukset, joissa on esitetty rakennetyyppien mitat. Normaalipoikkileikkausten mitat ovat minimimittoja. Normaalipoikkileikkausten pohjalta laaditaan tarvittaessa hankekohtaiset tyyppipoikkileikkaukset ja paalukohtaiset poikkileikkaukset.

Radan normaalipoikkileikkaus ilmoitetaan lyhenteillä, jotka muodostetaan seuraavien periaatteiden mukaisesti (kuva 8):

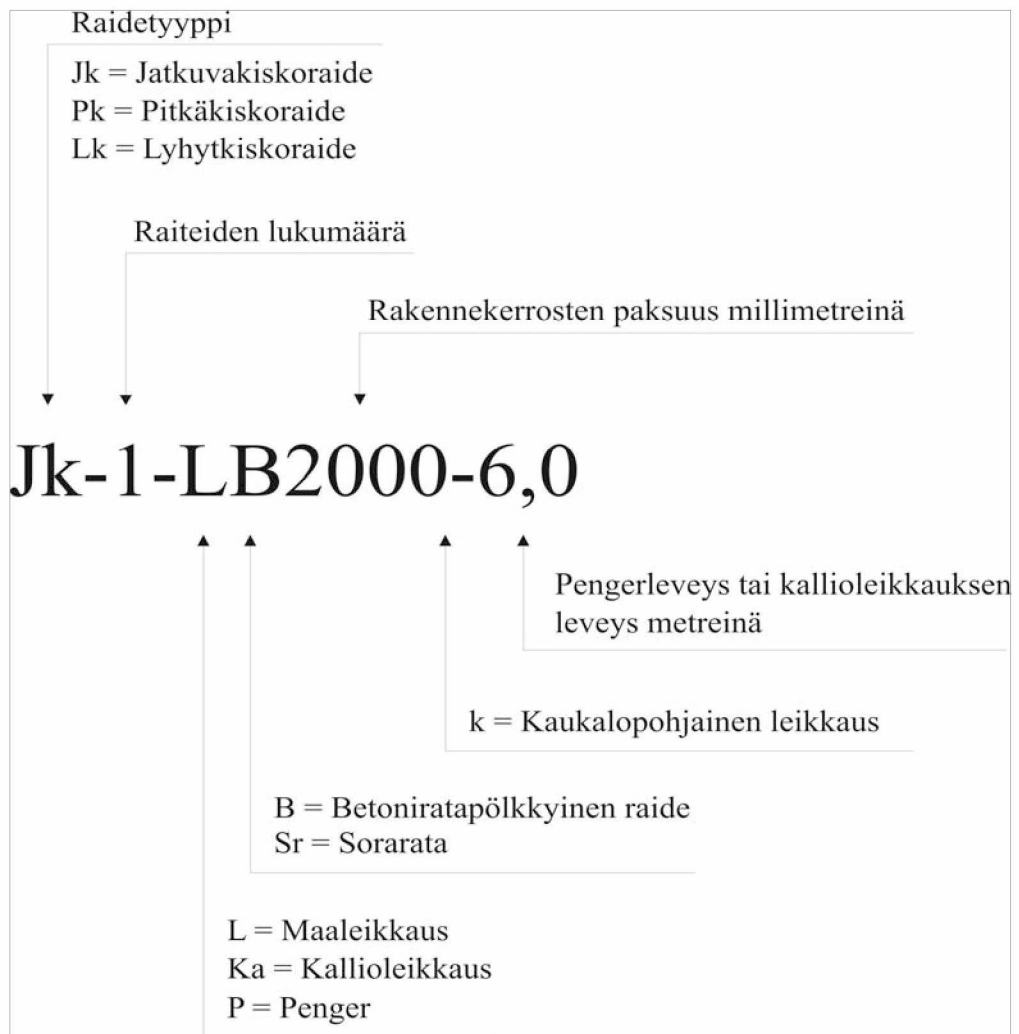
- 1) Raidetyypit ilmaistaan lyhenteillä Jk, jatkuva-, Pk, pitkä- ja Lk, lyhytkiskoraide
- 2) Raiteiden lukumäärää ilmaistaan raidetyyppejä kuvaavan lyhenteen jälkeen
- 3) Maaleikkausten rakennetunnus on L, penkereen P ja kallioleikkauksen Ka
- 4) Kirjaintunnus B tarkoittaa betoniratapölkkyraidetta
- 5) Soraradan tunnuksena käytetään merkintää Sr
- 6) Rakennekerrosten yhteispaksuus ilmoitetaan millimetreinä
- 7) Kirjaintunnus k tarkoittaa kaukalopohjaista leikkausta
- 8) Rakenteen pengerleveys sekä kallioleikkauksen leveys suoralla radalla ilmoitetaan metreinä

Esimerkiksi lyhenne Jk-2-LB2000-10,3 tarkoittaa seuraavaa: Jatkuvakiskoinen kaksiraiteinen sepelöity betoniratapölkkyinen maaleikkausrakenne, jonka rakennekerrospaksuus on 2000 millimetriä ja pengerleveys 10,3 metriä.

Kolme- ja useampiraiteisen radan poikkileikkaus muodostetaan yksi- ja kaksiraiteisen radan normaalipoikkileikkauksista.

Normaalipoikkileikkauspiirustukset on esitetty liitteessä 2.

Tunnelipoikkileikkaukset on esitetty RATO:n osassa 18 ”Rautatietunnelit”.



Kuva 8. Normaalipoikkileikkauksen lyhenteen muodostaminen. Kaukalopohjan leikkausta ei ole esitetty kuvan merkinnässä.

## 3.11 Kävelykulkutiet

### 3.11.1 Yleistä

Kävelykulkutie on vaihtotyöhenkilökunnan jalankulkuun tarkoitettu väylä ratapihalla.

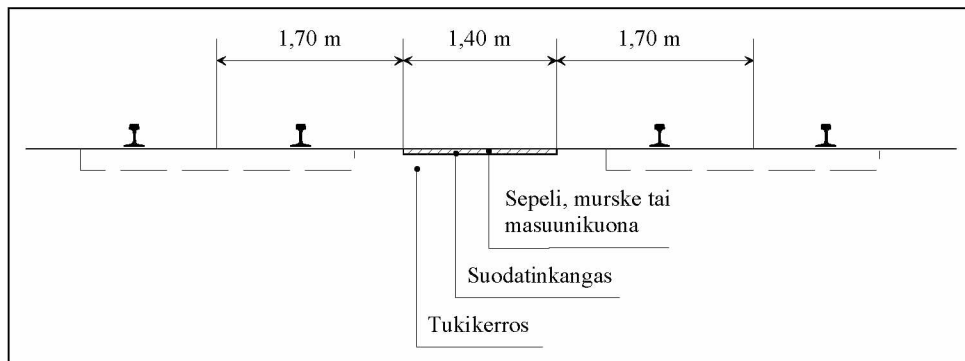
Kävelykulkutien suunnitteluperusteet on esitetty RATO:n osassa 7 ”Rautatieliikennepaikat”.

### 3.11.2 Kävelykulkutien poikkileikkaus ja materiaalit

Kävelykulkutien pohja ratapiha alueella on tukikerros. Kävelykulkutie tehdään ratapihalla 1,40 m levyisenä tiivistämällä kerroksen pintaosa ja päällystämällä se enintään 50 mm paksuisella kerroksella mursketta, jonka maksimiraekoko on 25 mm.

Jos kävelykulkutien materiaali sisältää 0...12 mm lajitetta enemmän kuin 10 %, se erotetaan raidesepelistä käyttöluokan 2 suodatinkankaalla (kuva 9).

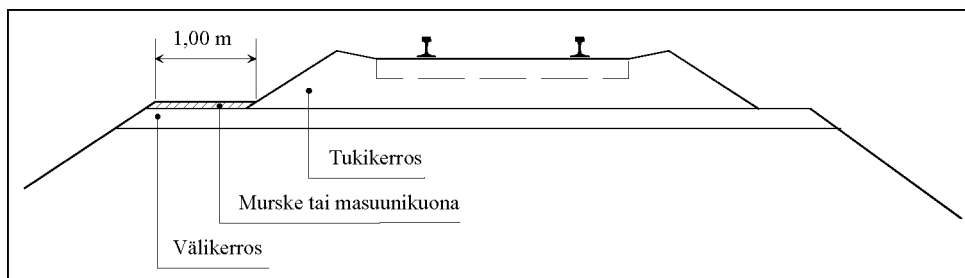
Työturvallisuuskäytännöistä johtuen kävelykulkutien materiaalina suositellaan käytettäväksi vaaleaa kiviainesta.



Kuva 9. Kävelykulkutien poikkileikkaus ratapihalla.

Ratalinjalla pengertä levennetään soralla tai hiekalla siten, että kävelykulkutie, joka tehdään ratalinjalla 1,00 m levyisenä, mahtuu penkereelle (kuva 10). Kävelykulkutien pinta päällystetään murskeella, jonka raekoko on 0...12 mm tai 0...25 mm.

Kävelykulkutien ja raiteen risteyskohdassa on kävelykulkutien pinnassa käytettävä raidesepeliä tai tasoristeyksen kansirakennetta TraFin määräyksen mukaisesti /10/.



Kuva 10. Kävelykulkutien poikkileikkaus ratalinjalla.



## Viitteet

- /1/ InfraRYL 2006, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.
- /2/ XPS-routalevyjen tekniset toimitusehdot, RHK 291/731/02. Ratahallintokeskus, Helsinki 2002.
- /3/ SFS-EN 13450 Raidesepelikiviaineekset kansallinen soveltamisohje, Ratahallintokeskus 8.11.2004, 1277/731/2002.
- /4/ SFS-EN 13450 Raidesepelikiviaineekset, CE-merkintä, Ratahallintokeskus 25.10.2005, 2612/52/2005.
- /5/ Päälysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset (PYL). Ratahallintokeskus, Helsinki.
- /6/ SFS-EN 1990 Eurokoodi Rakenteiden suunnitteluperusteet. Suomen standardoimisliitto SFS.
- /7/ SFS-EN 1997 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Suomen standardoimisliitto SFS.
- /8/ Eurokoodin soveltamisohje, Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1. Liikenneviraston ohjeita 20. ISBN 978-952-255-733-9, Helsinki 2011
- /9/ Eurokoodin soveltamisohje, Geotekninen suunnittelu – NCCI 7. Liikenneviraston ohjeita 35. ISBN 978-952-255-364-5, Helsinki 2013
- /10/ Rautatiejärjestelmän infrastruktuuriasajärjestelmä, TRAFI/18116/03.04.02.00/2012.
- /11/ SFS-EN 15528, Kiskoliikenne. Ratalinjojen luokitus. Rautatievaunujen kuormitusrajat ja infrastruktuuri. Suomen standardoimisliitto SFS.
- /12/ Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, Tiehallinto, ISBN 978-952-221-065-4, TIEH 2100057-08, Helsinki 2008.
- /13/ Radan stabiiliteetin laskenta, olemassa olevat penkereet. Ratahallintokeskuksen julkaisu B 15, ISBN 952-445-119-0, Helsinki 2005.
- /14/ Sillan geotekninen suunnittelu, Liikennevirasto
- /15/ Tien geotekninen suunnittelu, Liikennevirasto
- /16/ Ratojen routasuojaustarpeen selvittäminen. Ratahallintokeskuksen tutkimusohje B 8. Helsinki 2002.
- /17/ Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnittelu, Pohjarakenteiden suunnitteluohjeet, Liikenneviraston ohjeita 5/2014, ISBN 978-952-255-407-9, Helsinki 2014

- /18/ SFS-EN 1991-2 Eurokoodi Siltojen liikennekuormat. Suomen standardoimisliitto SFS.
- /19/ Talja, Asko, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, 2004. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, VTT Tiedotteita - Research Notes: 2278. Espoo. 50 s. + liitt. 15 s.

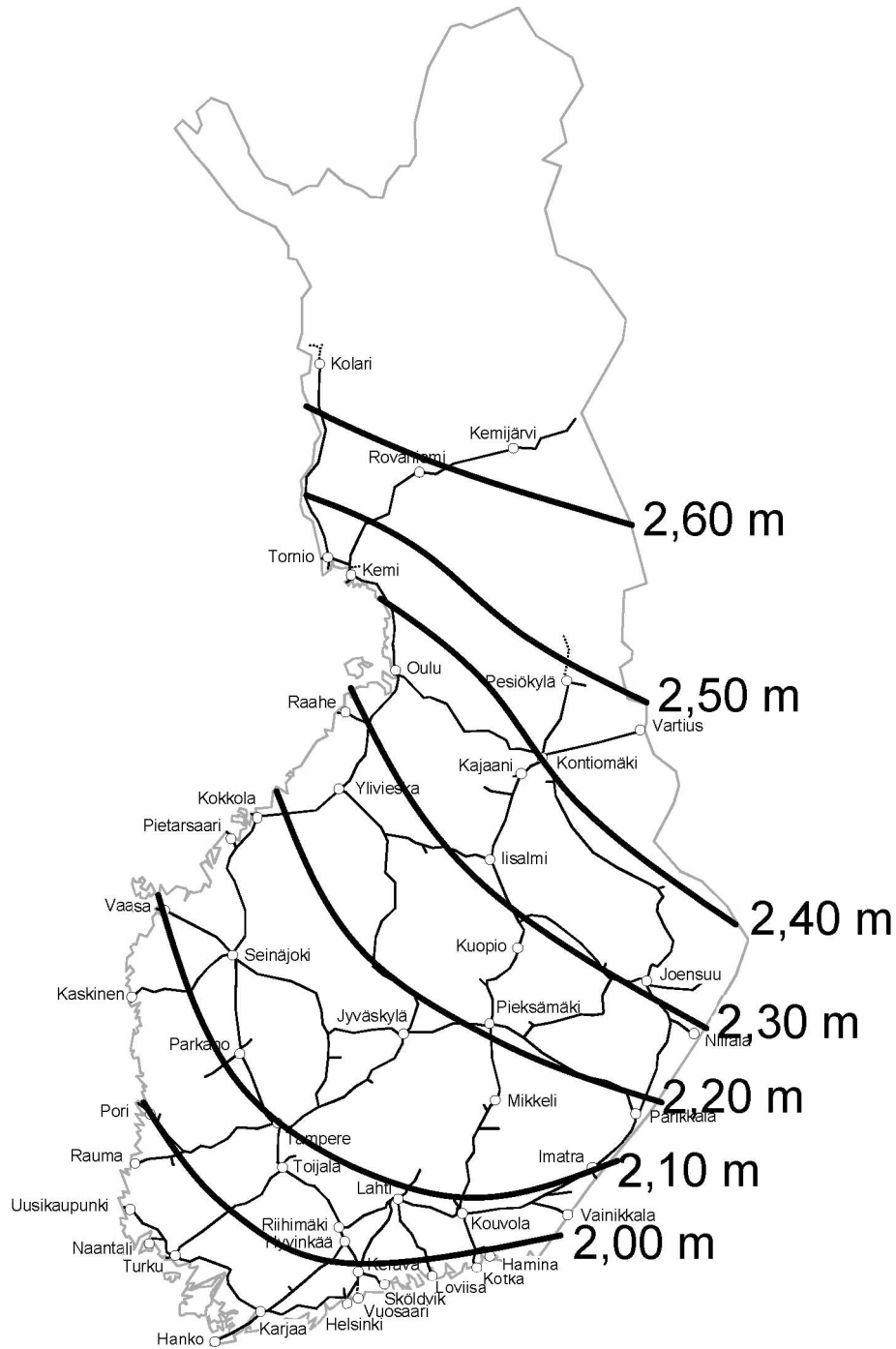
## Routamitoituskäyrästöt ja routamitoitus-esimerkki

Taulukko 1. Routalevyypaksuus ja routimattoman rakenteen kokonaispaksuus

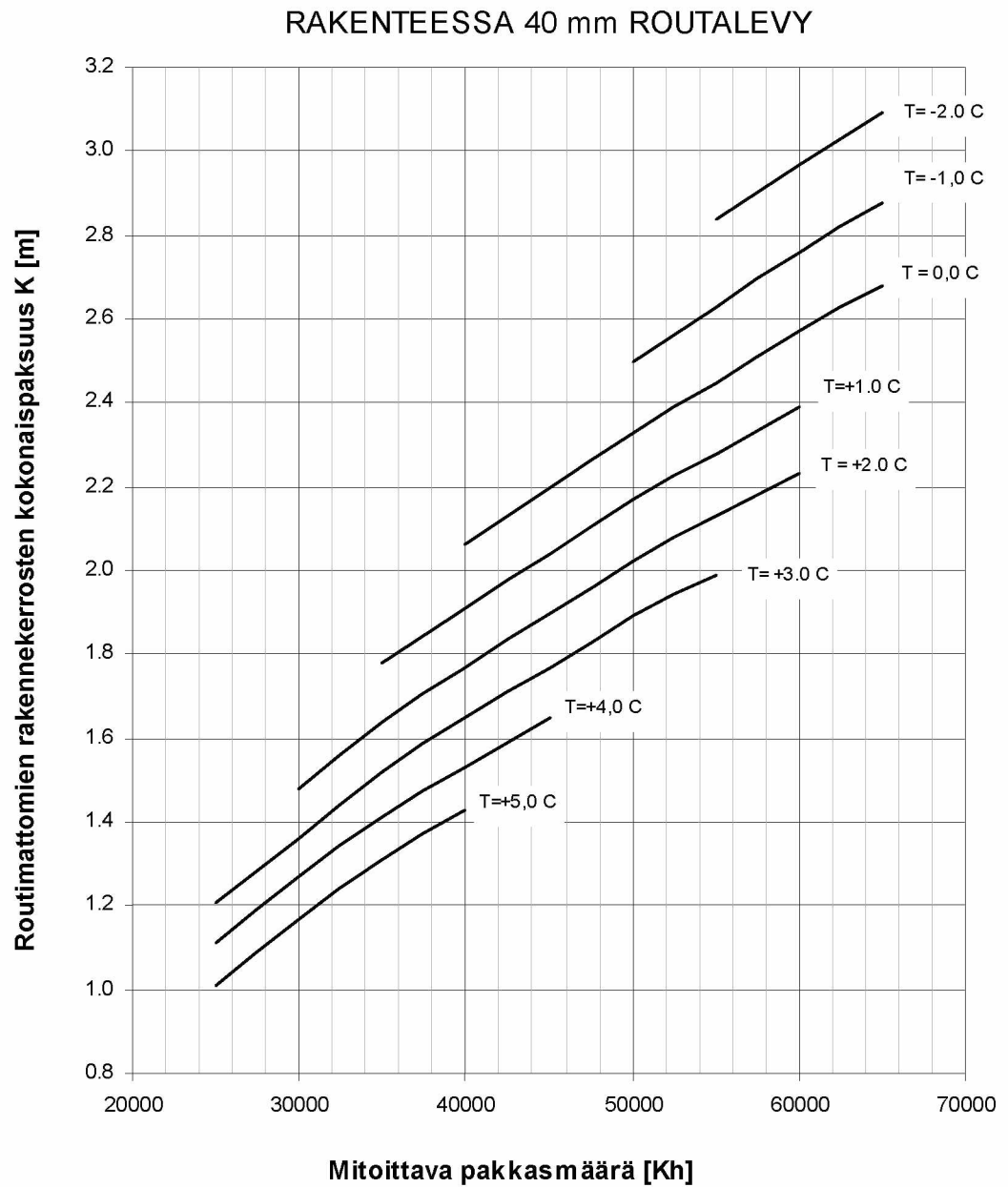
| Routalevyypaksuus (mm)  | Routimattoman rakenteen kokonaispaksuus (K) vähintään (m) |
|-------------------------|---|
| 0 (eristämätön rakenne) | 2,15  |
| 40                      | 1,65  |
| 60                      | 1,39  |
| 80                      | 1,18  |
| 100                     | 1,04  |
| 120                     | 0,92  |

Taulukon 1 tuloksista on valittavissa routalevyille ja/tai alusrakenteelle sopivin paksuus. Jos esimerkiksi kohde on perusparannuskohde, jossa olemassa olevan routimattoman alusrakenteen paksuus on vaikkapa 1,1 m ja suunniteltu tukikerrospaksuus 0,55 m, kohteeseen tulee perusparannuksen yhteydessä asentaa 40 mm routalevy, jolloin routimattoman rakenteen kokonaispaksuus on 1,69 metriä. Vastaavasti, jos olemassa oleva alusrakennepaksuus on 0,60 metriä ja suunniteltu tukikerrospaksuus 0,55 metriä, asennettavan routalevyn paksuuden on oltava 80 mm, jolloin routimattoman rakenteen kokonaispaksuus (K) on 1,23 metriä.

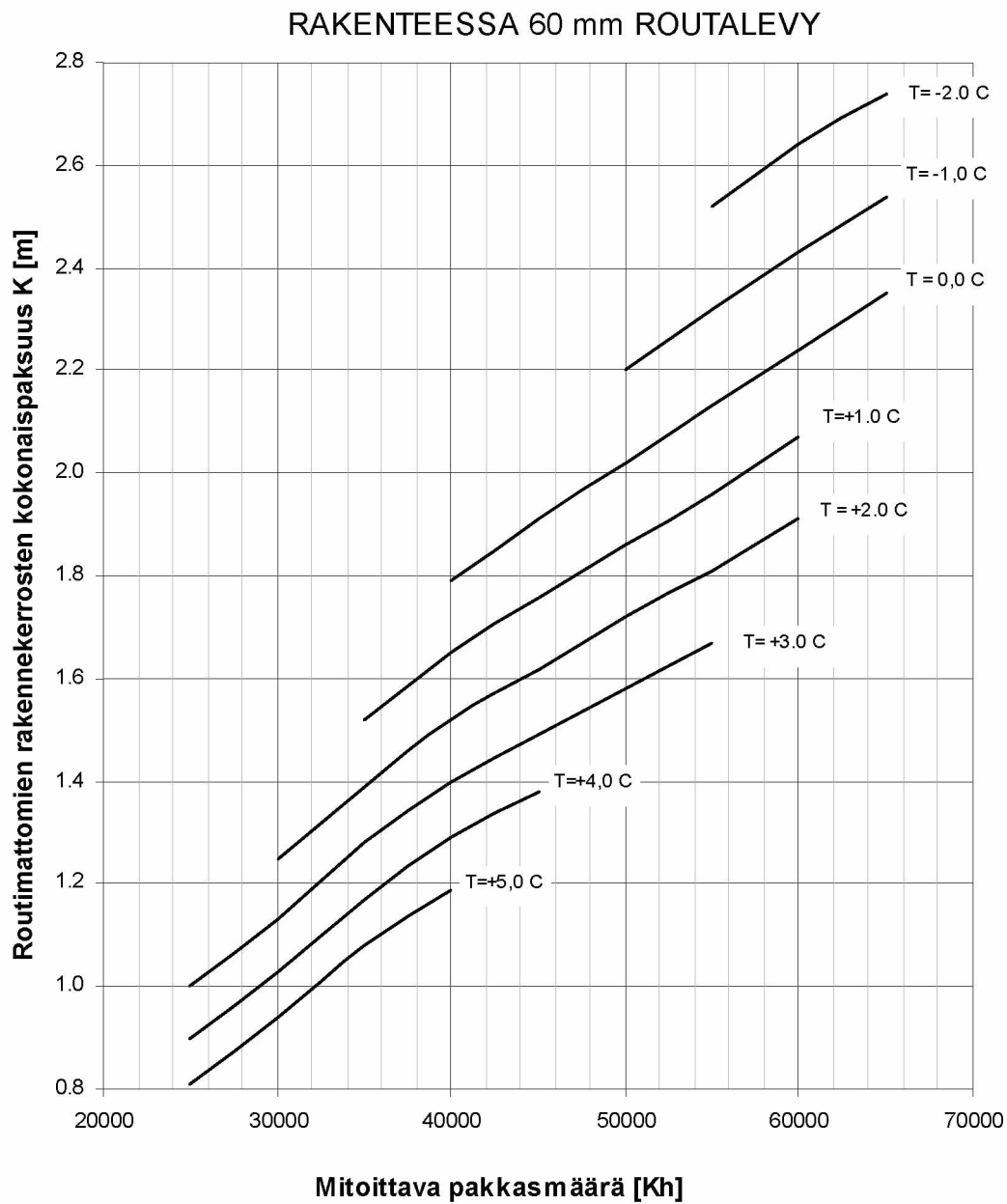
Mitoituskäyrästäoissä on otettu huomioon raidesepekirakeiden painautuminen routalevyyn olettamalla levyn tuhoutuvan painautumisen johdosta 10 mm paksuudelta. Routalevyjen mitoituslämmönjohtavuutena on käytetty arvoa  $\lambda=0,050$  W/Km. Lähtöolettamuksista ja laskentamenetelmäeroista johtuen pohjoisessa Suomessa ohuimmalla (40 mm) eristelevyllä radan kerrospaksuuksissa ei saavuteta etuja eristämättömään rakenteeseen verrattuna.



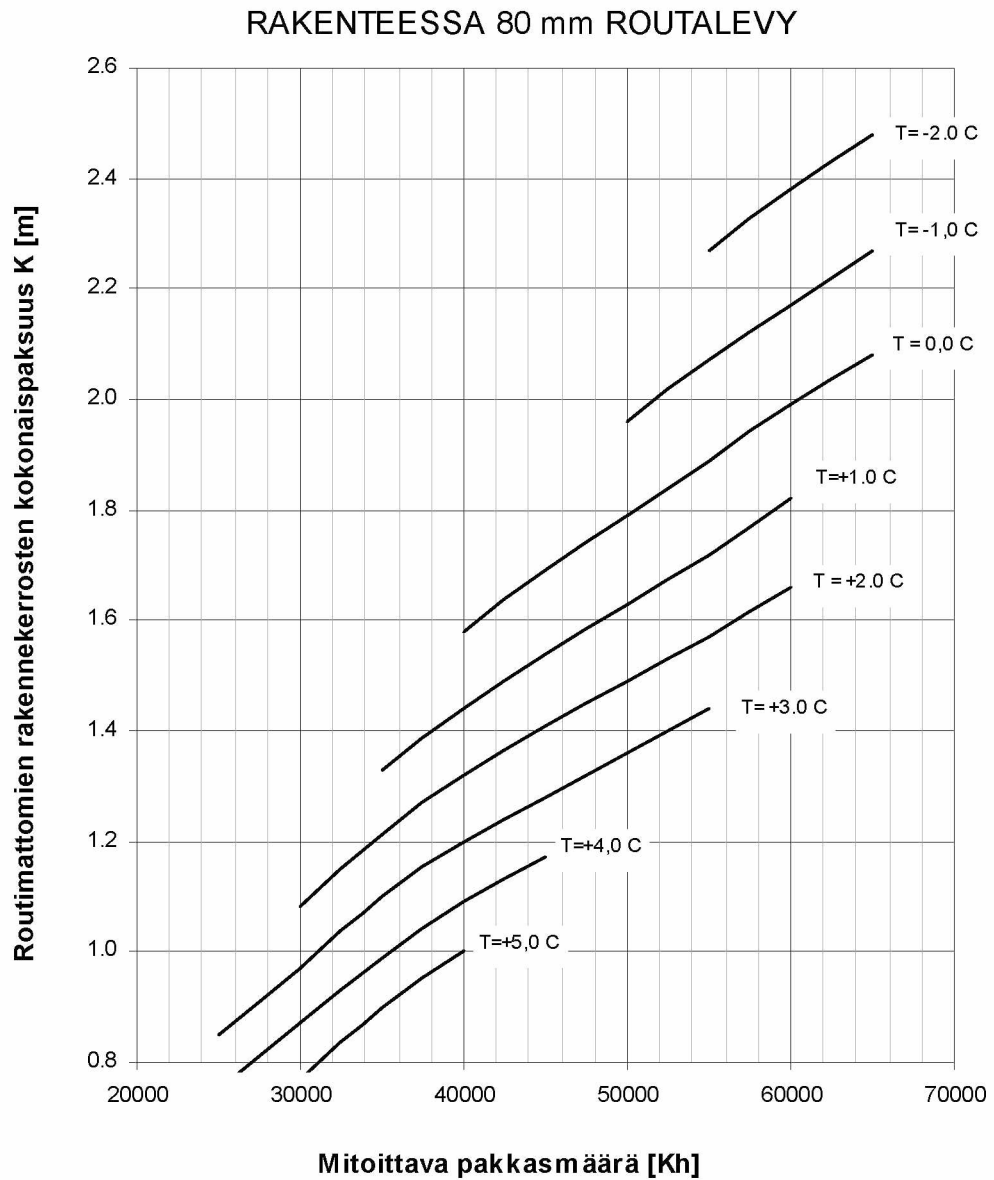
Kuva 1. Routimattoman radan rakennekerrosten kokonaispaksuus (perustuu ilmastotilastoihin kaudelta 1978–2007).



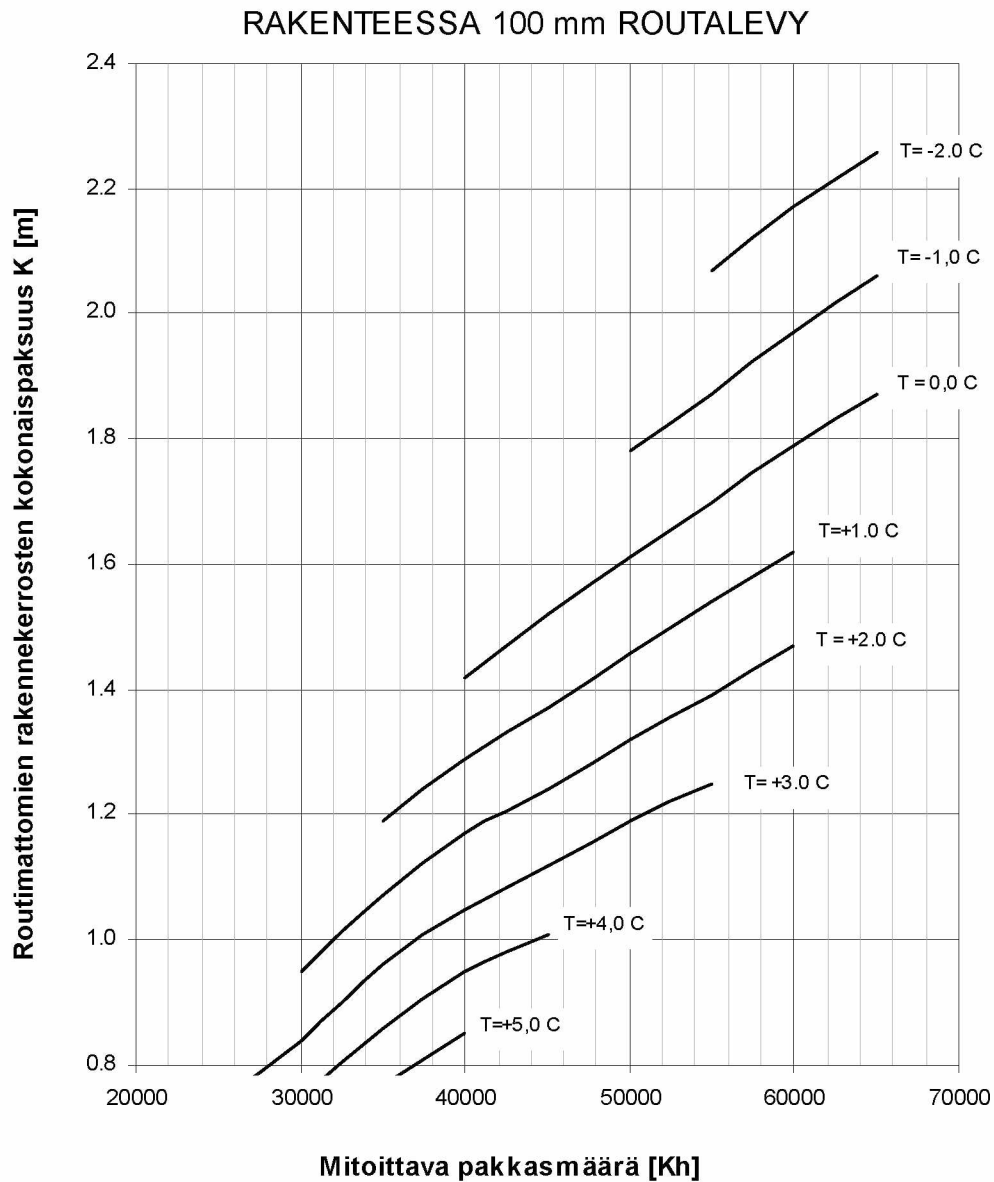
Kuva 2. Routamitoitus 40 mm routalevyllä eristetyssä rakenteessa vuotuisen ilman keskilämpötilan ( $T$ ) ja mitoittavan pakkasmäärän perusteella.



Kuva 3. Routamitoitus 60 mm routalevyllä eristetyssä rakenteessa vuotuisen ilman keskilämpötilan ( $T$ ) ja mitoittavan pakkasmäärän perusteella.

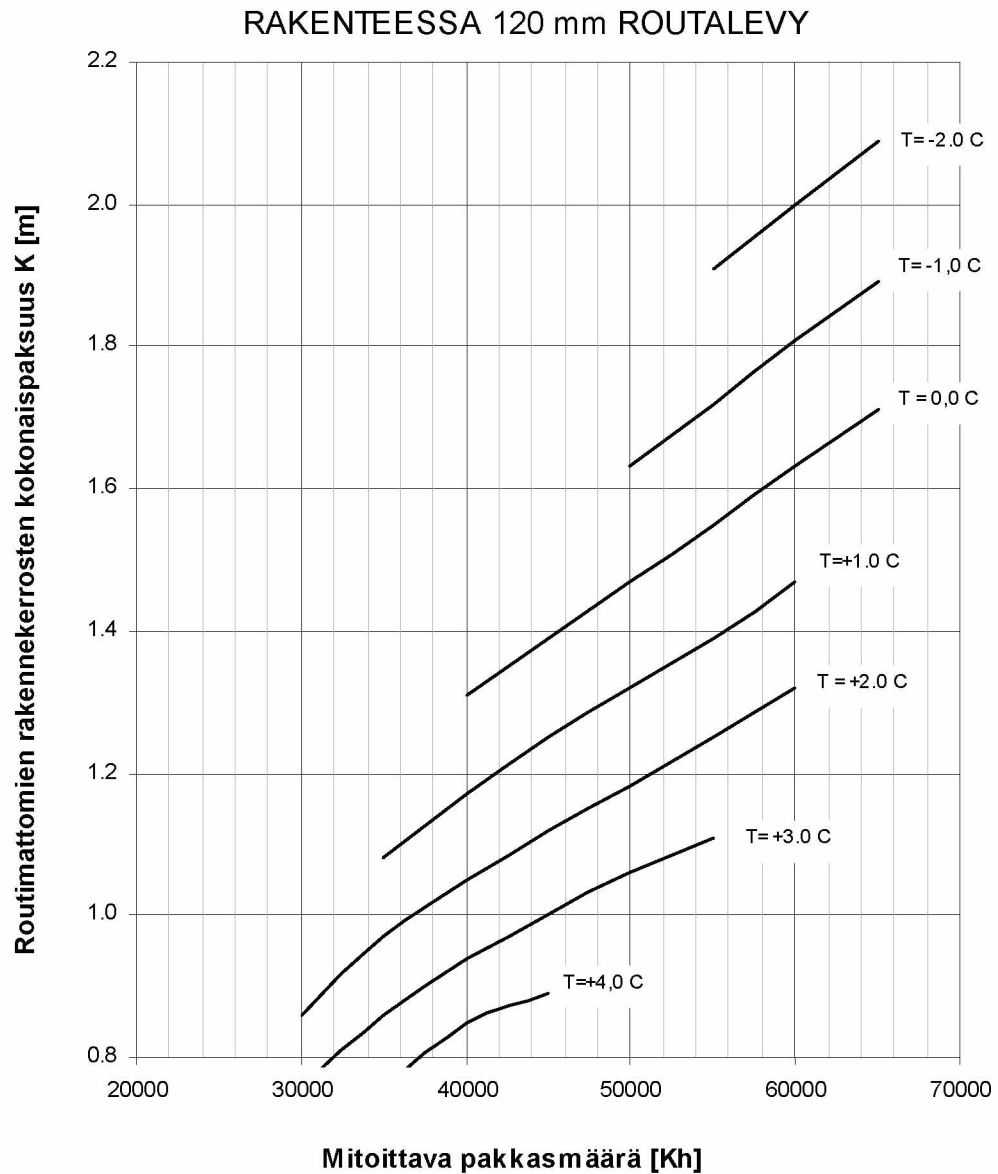


Kuva 4. Routamitoitus 80 mm routalevyllä eristetyssä rakenteessa vuotuisen ilman keskilämpötilan ( $T$ ) ja mitoittavan pakkasmäärän perusteella.

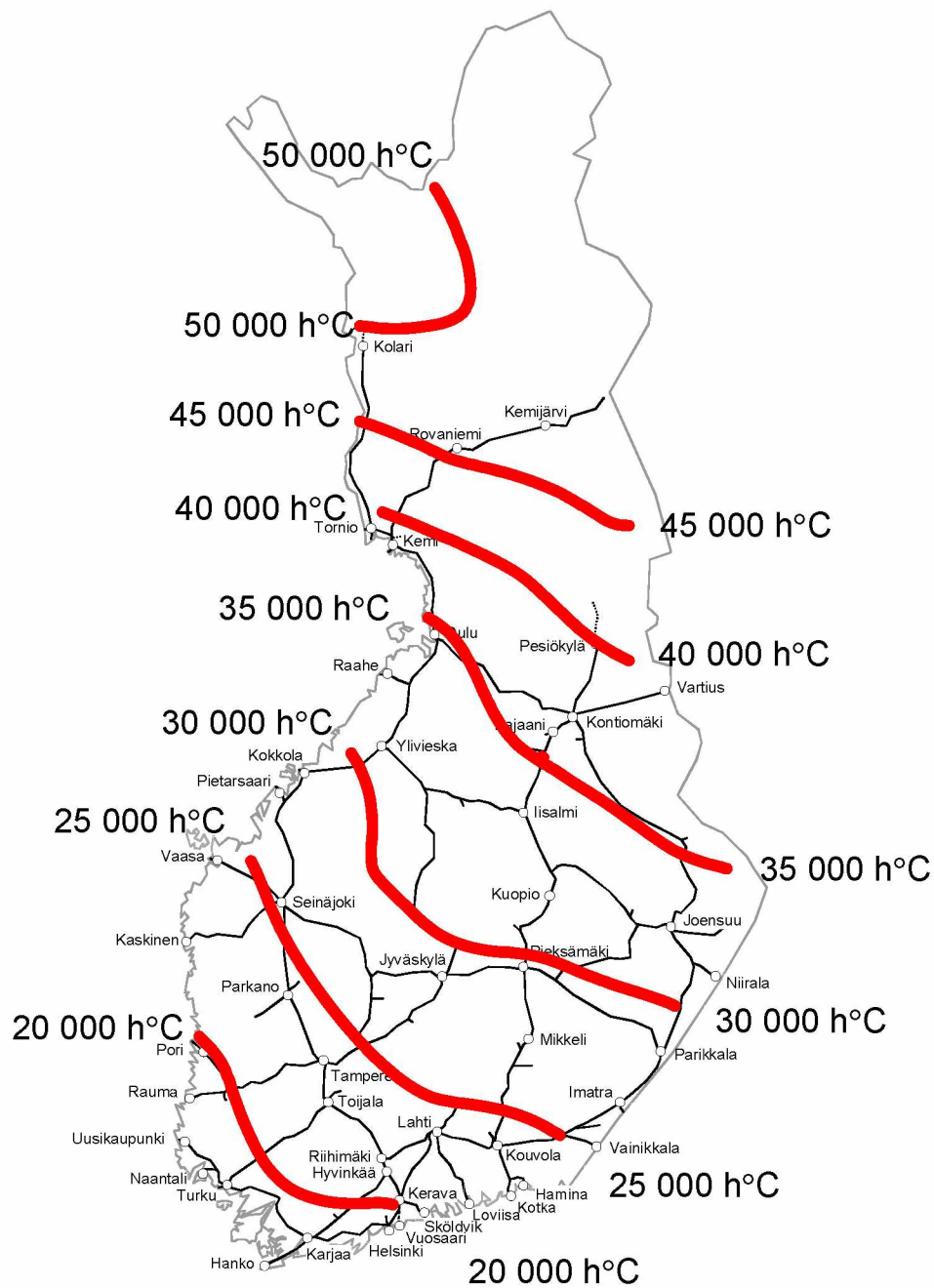


Kuva 5. Routamitoitus 100 mm routalevyllä eristetyssä rakenteessa vuotuisen ilman keskilämpötilan ( $T$ ) ja mitoittavan pakkasmäärän perusteella.

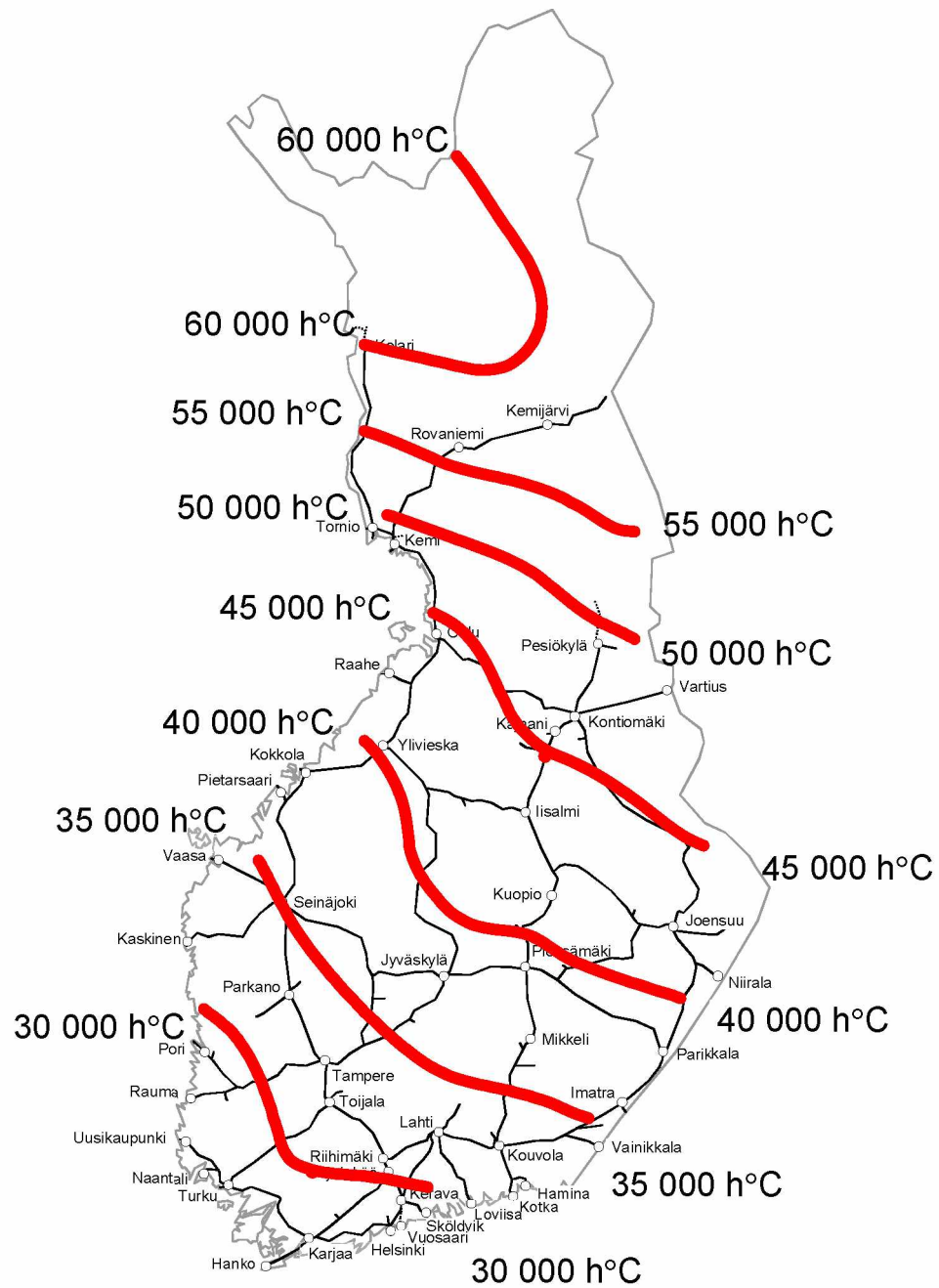




Kuva 6. Routamitoitus yhteispaksuudeltaan 120 mm routalevyillä (kaksi 60 mm routalevyä päällekkäin) eristetyssä rakenteessa vuotuisen ilman keskilämpötilan ( $T$ ) ja mitoittavan pakkasmäärän perusteella.



Kuva 7. Kerran 5 vuodessa toistuva suurin pakkasmäärä  $F_5$  (h°C) kauden 1978-2007 ilman lämpötilahavaintojen perusteella.



Kuva 8. Kerran 20 vuodessa toistuva suurin pakkasmäärä F20 (h°C) kauden 1978-2007 ilman lämpötilahavaintojen perusteella. vuodessa toistuva suurin pakkasmäärä F5 (h°C) kauden 1978-2007 ilman lämpötilahavaintojen perusteella.

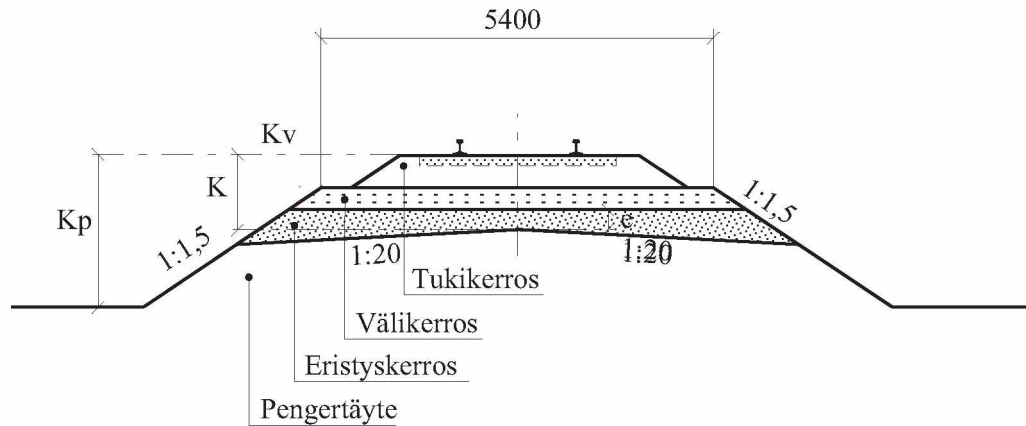


## Radan normaalipoikkileikkaukset

| Nopeus<br>[km/h]   | Normaalipoikkileikkauksen tyyppi                               |  | Raide-<br>väli<br>[mm]      | Sivu-<br>nro |
|--|--|--|-----------------------------|--------------|
| Yksiraiteisen radan normaalipoikkileikkaukset              |  |  |                             |              |
| V≤ 120 km/h  | Penger   | Lk-1-P800-5,4...Lk-1-P2400-5,4<br>Pk-1-P800-5,4...Pk-1-P2400-5,4   |                             | 3            |
|  | Maaleikkaus  | Lk-1-L800-5,4...Lk-1-L2400-5,4<br>Pk-1-L800-5,4...Pk-1-L2400-5,4   |                             | 4            |
|  |  | Lk-1-L1400k-5,4...Lk-1-L2400k-5,4<br>Pk-1-L1400k-5,4...Pk-1-L2400k-5,4   |                             | 5            |
| V≤ 200 km/h  | Penger   | Jk-1-PB900-6,0...Jk-1-PB2400-6,0<br>Jk-1-P800-6,0...Jk-1-P2400-6,0   |                             | 6            |
|  | Maaleikkaus  | Jk-1-LB900-6,0...Jk-1-LB2400-6,0<br>Jk-1-L800-6,0...Jk-1-L2400-6,0   |                             | 7            |
| V≤ 250 km/h  | Penger   | Jk-1-PB900-6,8...Jk-1-PB2400-6,8   |                             | 8            |
|  | Maaleikkaus  | Jk-1-LB900-6,8...Jk-1-LB2400-6,8   |                             | 9            |
| Kallio-<br>leikkaus<br>yksi-<br>raiteisella<br>radalla     | Kallio-<br>leikkaus  | Lk-1-KaB900-12,0<br>Pk-1-KaB900-12,0<br>Jk-1-KaB900-12,0<br>Lk-1-Ka800-12,0<br>Pk-1-Ka800-12,0<br>Jk-1-Ka800-12,0  |                             | 10           |
|  | Maaleikkaus-<br>syvyyteen<br>rakennettu<br>kallio-<br>leikkaus | Lk-1-KaB1400-13,9...Lk-1-KaB2400-17,2<br>Pk-1-KaB1400-13,9...Pk-1-KaB2400-17,2<br>Jk-1-KaB1400-13,9...Jk-1-KaB2400-17,2<br>Lk-1-Ka1400-13,9...Lk-1-Ka2400-17,2<br>Pk-1-Ka1400-13,9...Pk-1-Ka2400-17,2<br>Jk-1-Ka1400-13,9...Jk-1-Ka2400-17,2 |                             | 11           |
| Kaksiraiteisen radan normaalipoikkileikkaukset             |  |  |                             |              |
| V≤ 140 km/h  | Penger   | Jk-2-P800-9,5...Jk-2-P2400-9,5   | 4100                        | 12           |
|  | Maaleikkaus  | Jk-2-L800-9,5...Jk-2-L2400-9,5   | 4100                        | 13           |
| V≤ 200 km/h  | Penger   | Jk-2-PB900-10,3...Jk-2-PB2400-10,3<br>Jk-2-P800-10,3...Jk-2-P2400-10,3   | 4100 <sup>1)/</sup><br>4300 | 14           |
|  | Maaleikkaus  | Jk-2-LB900-10,3...Jk-2-LB2400-10,3<br>Jk-2-L800-10,3...Jk-2-L2400-10,3   | 4100 <sup>1)/</sup><br>4300 | 15           |
|  | Penger   | Jk-2-PB900-10,5...Jk-2-PB2400-10,5<br>Jk-2-P800-10,5...Jk-2-P2400-10,5   | 4500                        | 16           |
|  | Maaleikkaus  | Jk-2-LB900-10,5...Jk-2-LB2400-10,5<br>Jk-2-L800-10,5...Jk-2-L2400-10,5   | 4500                        | 17           |
| 1) Raidevälillä 4100 mm suurin sallittu nopeus on 140 km/h |  |  |                             |              |

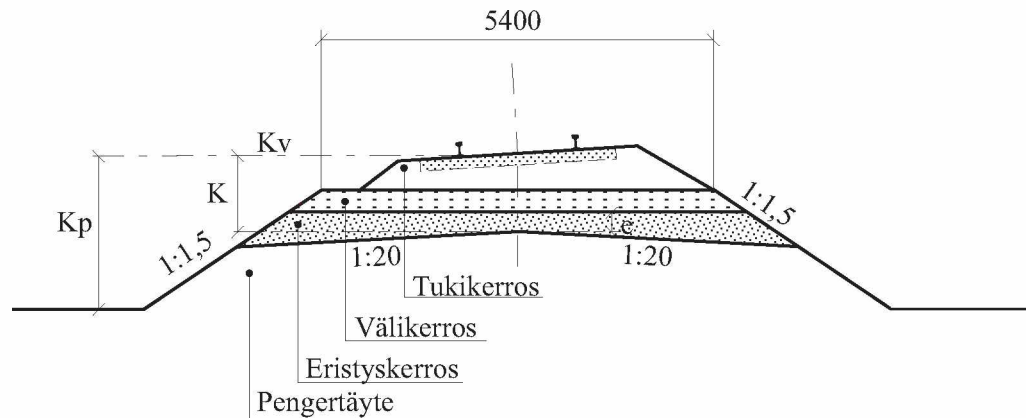
| Nopeus<br>[km/h]  |  | Normaalipoikkileikkauksen tyyppi   | Raide-<br>väli<br>[mm]          | Sivu-<br>nro |
|---|--|--|---------------------------------|--------------|
| $V \leq 250$ km/h   | Penger   | Jk-2-PB900-11,3...Jk-2-PB2400-11,3   | 4500                            | 18           |
|   | Maaleikkaus  | Jk-2-LB900-11,3...Jk-2-LB2400-11,3   | 4500                            | 19           |
| $V > 250$ km/h  | Penger   | Jk-2-PB900-11,5...Jk-2-PB2400-11,5   | 4700                            | 20           |
|   | Maaleikkaus  | Jk-2-LB900-11,5...Jk-2-LB2400-11,5   | 4700                            | 21           |
| Kallio-<br>leikkaus<br>kaksi-<br>raiteisella<br>radalla                       | Kallio-<br>leikkaus  | Lk-2-KaB900-16,7<br>Pk-2-KaB900-16,7<br>Jk-2-KaB900-16,7<br>Lk-2-Ka800-16,7<br>Pk-2-Ka800-16,7<br>Jk-2-Ka800-16,7  | 4100/<br>4300/<br>4500/<br>4700 | 22           |
|   | Maaleikkaus-<br>syvyyteen<br>rakennettu<br>kallio-<br>leikkaus | Lk-2-KaB1400-18,8...Lk-2-KaB2400-22,1<br>Pk-2-KaB1400-18,8...Pk-2-KaB2400-22,1<br>Jk-2-KaB1400-18,8...Jk-2-KaB2400-22,1<br>Lk-2-Ka1400-18,8...Lk-2-Ka2400-22,1<br>Pk-2-Ka1400-18,8...Pk-2-Ka2400-22,1<br>Jk-2-Ka1400-18,8...Jk-2-Ka2400-22,1 | 100/<br>4300/<br>4500/<br>4700  | 23           |
| <b>Tunnelipoikkileikkaukset on esitetty RATO:n osassa 18 Rautatietunnelit</b> |  |  |                                 |              |

### Suoralla radalla



Pengerkorkeus  $K_p$   
Rakennekerrospaksuus  $K$   
Korkeusviiva  $K_v$

### Kaarteessa



Pengerpohja voidaan tehdä  
kaltevuuteen 1:20 raiteen keskilinjasta lukien

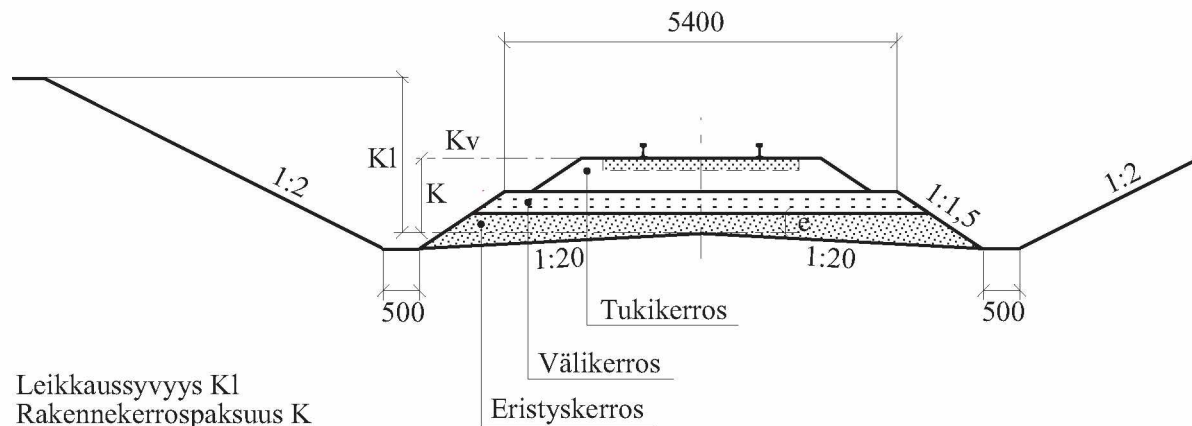
| Poikkileikkausmitat     |                            |                         |                        |                      |      |                               |      |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|------|-------------------------------|------|
| Raken-<br>ne-<br>tyyppi | Tukikerros                 |                         | Eristyskerros hiekasta |                      |      | Eristyskerros murskeesta      |      |
|                         | Betoni-<br>rata-<br>pölkky | Puu-<br>rata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K    | Välikerros +<br>eristyskerros | K    |
| Puuratapölkkyraide      |                            |                         |                        |                      |      |                               |      |
| P800                    |                            | 450                     | 350                    | -                    | 800  | 450                           | 900  |
| P1200                   |                            | 450                     | 300                    | 450                  | 1200 | 950                           | 1400 |
| P1400                   |                            | 450                     | 300                    | 650                  | 1400 | 1150                          | 1600 |
| P1600                   |                            | 450                     | 300                    | 850                  | 1600 | 1350                          | 1800 |
| P1800                   |                            | 450                     | 300                    | 1050                 | 1800 | 1550                          | 2000 |
| P2000                   |                            | 450                     | 300                    | 1250                 | 2000 | 1850                          | 2300 |
| P2200                   |                            | 450                     | 300                    | 1450                 | 2200 | 2050                          | 2500 |
| P2400                   |                            | 450                     | 300                    | 1650                 | 2400 | 2250                          | 2700 |



Mittakaava 1:100

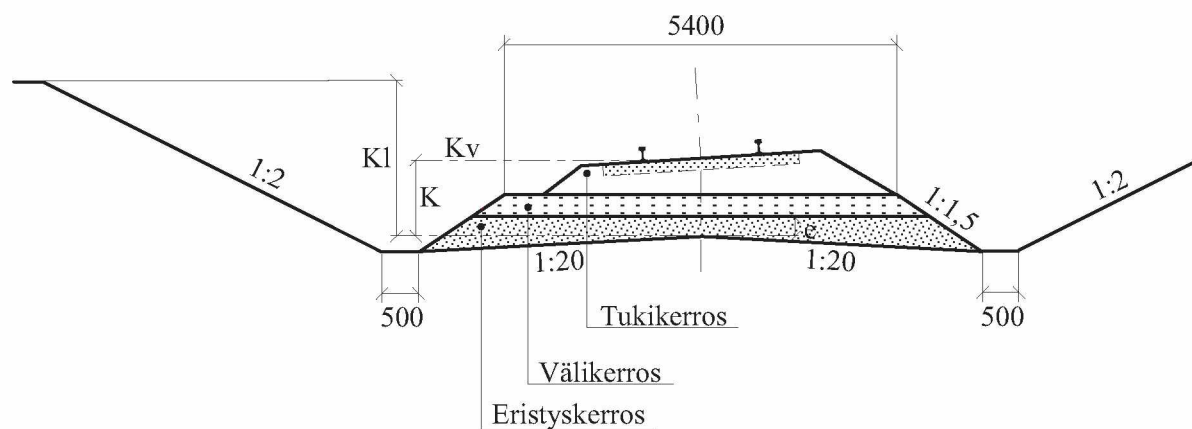
Normaalipoikkileikkaus  
Lk-1-P800-5,4...Lk-1-P2400-5,4  
Pk-1-P800-5,4...Pk-1-P2400-5,4

### Suoralla radalla



Pengerpohja voidaan tehdä  
kaltevuuteen 1:20 raiteen keskilinjasta lukien

### Kaarteessa



| Poikkileikkausmitat |                            |                         |                        |                      |      |                               |   |
|---------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|------|-------------------------------|---|
| Rakenne-<br>tyyppi  | Tukikerros                 |                         | Eristyskerros hiekasta |                      |      | Eristyskerros murskeesta      |   |
|                     | Betoni-<br>rata-<br>pölkky | Puu-<br>rata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K    | Välikerros +<br>eristyskerros | K |
| Puuratapölkkyraide  |                            |                         |                        |                      |      |                               |   |
| L800                | 450                        | 350                     | -                      | 800                  | 450  | 900                           |   |
| L1200               | 450                        | 300                     | 450                    | 1200                 | 950  | 1400                          |   |
| L1400               | 450                        | 300                     | 650                    | 1400                 | 1150 | 1600                          |   |
| L1600               | 450                        | 300                     | 850                    | 1600                 | 1350 | 1800                          |   |
| L1800               | 450                        | 300                     | 1050                   | 1800                 | 1550 | 2000                          |   |
| L2000               | 450                        | 300                     | 1250                   | 2000                 | 1850 | 2300                          |   |
| L2200               | 450                        | 300                     | 1450                   | 2200                 | 2050 | 2500                          |   |
| L2400               | 450                        | 300                     | 1650                   | 2400                 | 2250 | 2700                          |   |

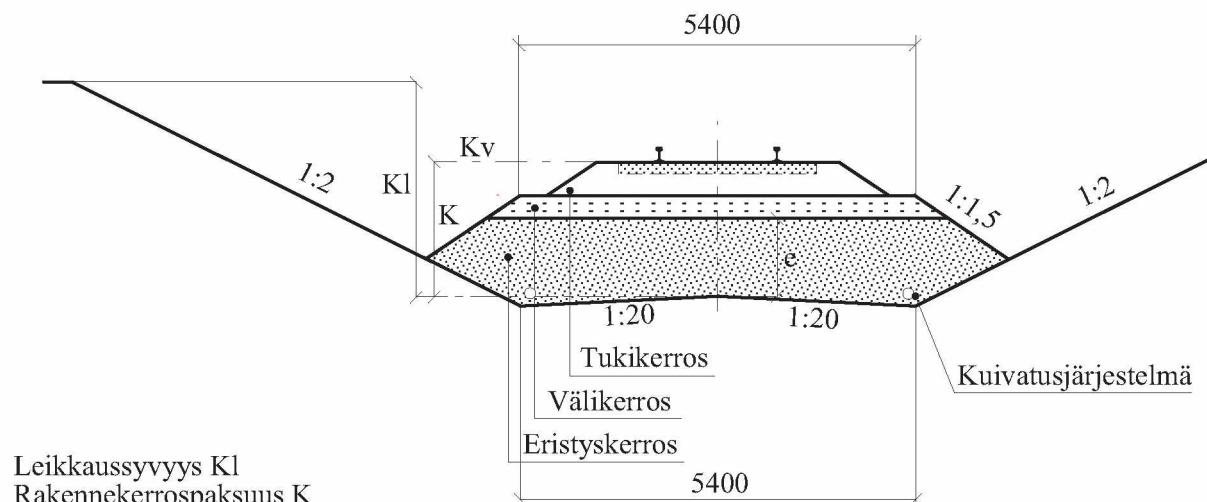


Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Lk-1-L800-5,4...Lk-1-L2400-5,4  
Pk-1-L800-5,4...Pk-1-L2400-5,4

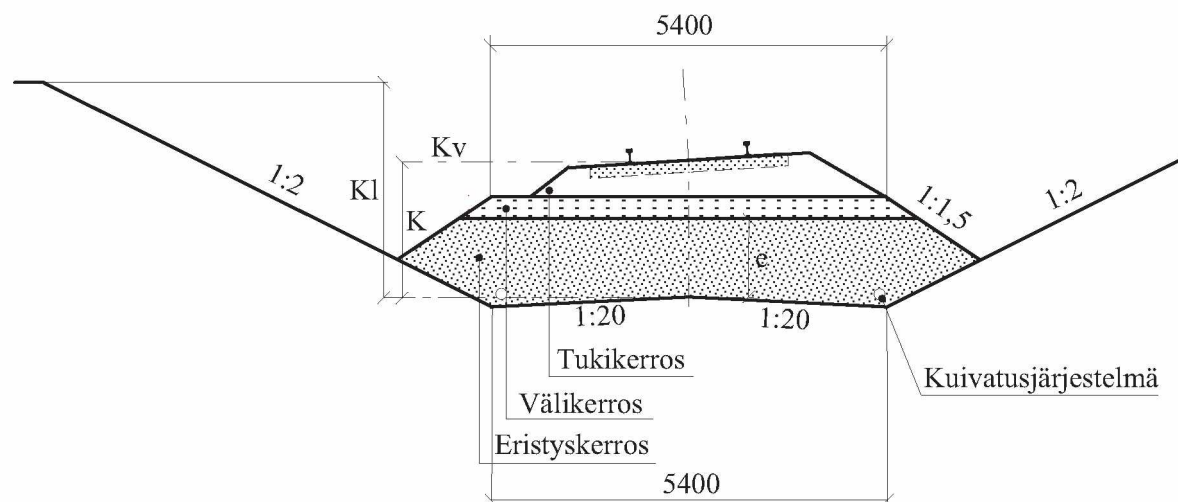


### Suoralla radalla



Leikkaussyvyys Kl  
Rakennepaksuus K  
Korkeusviiva Kv

### Kaarteessa



Pengerpohja voidaan tehdä  
kaltevuuteen 1:20 raiteen keskilinjasta lukien

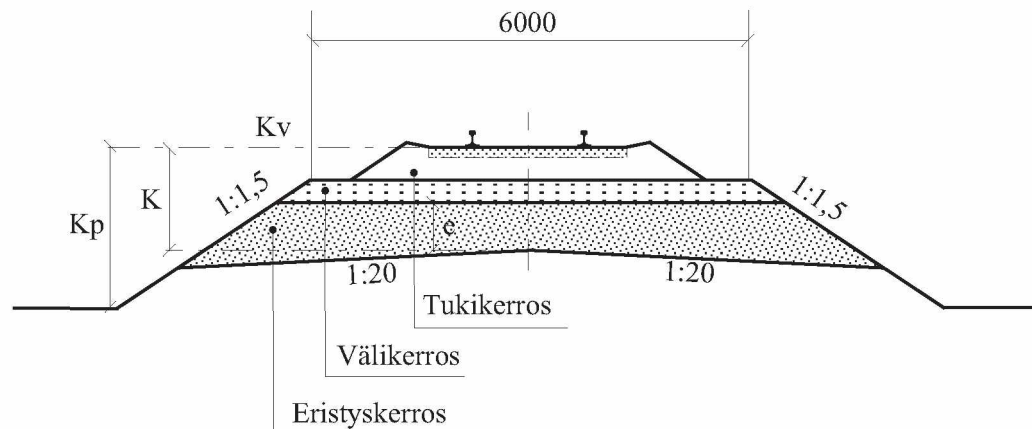
| Poikkileikkausmitat     |                            |                         |                        |                      |      |                               |   |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|------|-------------------------------|---|
| Raken-<br>ne-<br>tyyppi | Tukikerros                 |                         | Eristyskerros hiekasta |                      |      | Eristyskerros murskeesta      |   |
|                         | Betoni-<br>rata-<br>pölkky | Puu-<br>rata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K    | Välikerros +<br>eristyskerros | K |
|                         | Puuratapölkkyraide         |                         |                        |                      |      |                               |   |
| L1400                   | 450                        | 300                     | 650                    | 1400                 | 1150 | 1600                          |   |
| L1600                   | 450                        | 300                     | 850                    | 1600                 | 1350 | 1800                          |   |
| L1800                   | 450                        | 300                     | 1050                   | 1800                 | 1550 | 2000                          |   |
| L2000                   | 450                        | 300                     | 1250                   | 2000                 | 1850 | 2300                          |   |
| L2200                   | 450                        | 300                     | 1450                   | 2200                 | 2050 | 2500                          |   |
| L2400                   | 450                        | 300                     | 1650                   | 2400                 | 2250 | 2700                          |   |



Mittakaava 1:100

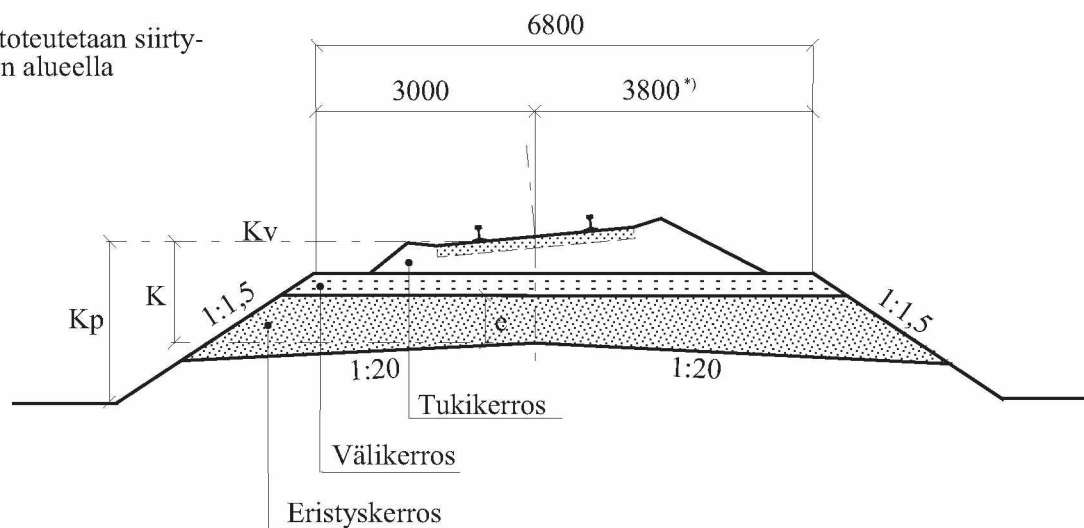
Normaalipoikkileikkaus  
Lk-1-L1400k-5,4...Lk-1-L2400k-5,4  
Pk-1-L1400k-5,4...Pk-1-L2400k-5,4

### Suoralla radalla



Pengerkorkeus  $K_p$   
Rakennekerrospaksuus  $K$   
Korkeusviiva  $K_v$

### Kaarteessa



<sup>\*)</sup> Muutos toteutetaan siirtymäkaaren alueella

Pengerpohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 raiteen keskilinjasta lukien

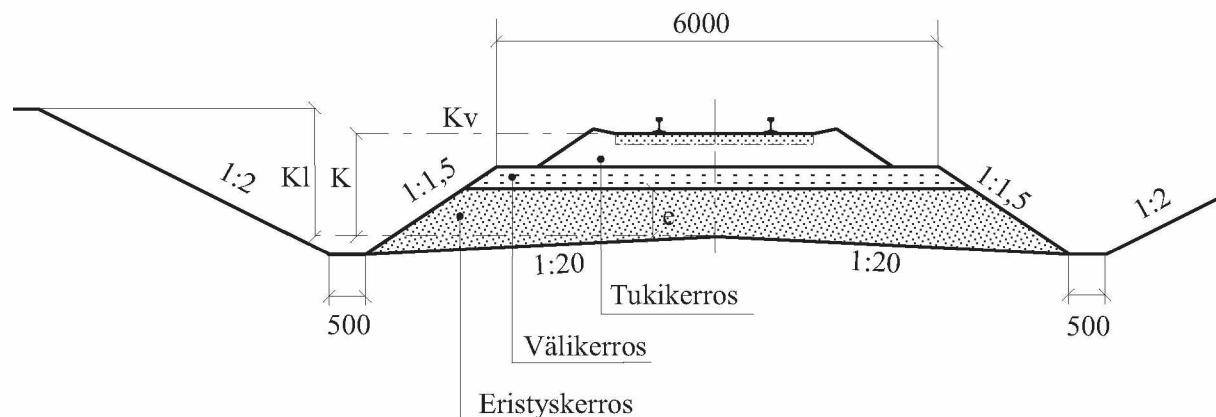
| Poikkileikkausmitat           |                   |                |                        |                 |      |                            |      |
|-------------------------------|-------------------|----------------|------------------------|-----------------|------|----------------------------|------|
| Rakennetyyppi                 | Tukikerros        |                | Eristyskerros hiekasta |                 |      | Eristyskerros murskeesta   |      |
|                               | Betonirata-pölkky | Puurata-pölkky | Välikerros             | Eristyskerros e | K    | Välikerros + eristyskerros | K    |
| <b>Betonirata-pölkkyraide</b> |                   |                |                        |                 |      |                            |      |
| PB900                         | 550               |                | 350                    | -               | 900  | 350                        | 900  |
| PB1200                        | 550               |                | 300                    | 350             | 1200 | 850                        | 1400 |
| PB1400                        | 550               |                | 300                    | 550             | 1400 | 1050                       | 1600 |
| PB1600                        | 550               |                | 300                    | 750             | 1600 | 1250                       | 1800 |
| PB1800                        | 550               |                | 300                    | 950             | 1800 | 1450                       | 2000 |
| PB2000                        | 550               |                | 300                    | 1150            | 2000 | 1750                       | 2300 |
| PB2200                        | 550               |                | 300                    | 1350            | 2200 | 1950                       | 2500 |
| PB2400                        | 550               |                | 300                    | 1550            | 2400 | 2150                       | 2700 |
| <b>Puurata-pölkkyraide</b>    |                   |                |                        |                 |      |                            |      |
| P800                          |                   | 450            | 350                    | -               | 800  | 450                        | 900  |
| P1200                         |                   | 450            | 300                    | 450             | 1200 | 950                        | 1400 |
| P1400                         |                   | 450            | 300                    | 650             | 1400 | 1150                       | 1600 |
| P1600                         |                   | 450            | 300                    | 850             | 1600 | 1350                       | 1800 |
| P1800                         |                   | 450            | 300                    | 1050            | 1800 | 1550                       | 2000 |
| P2000                         |                   | 450            | 300                    | 1250            | 2000 | 1850                       | 2300 |
| P2200                         |                   | 450            | 300                    | 1450            | 2200 | 2050                       | 2500 |
| P2400                         |                   | 450            | 300                    | 1650            | 2400 | 2250                       | 2700 |



Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Jk-1-PB900-6,0...Jk-1-PB2400-6,0  
Jk-1-P800-6,0...Jk-1-P2400-6,0

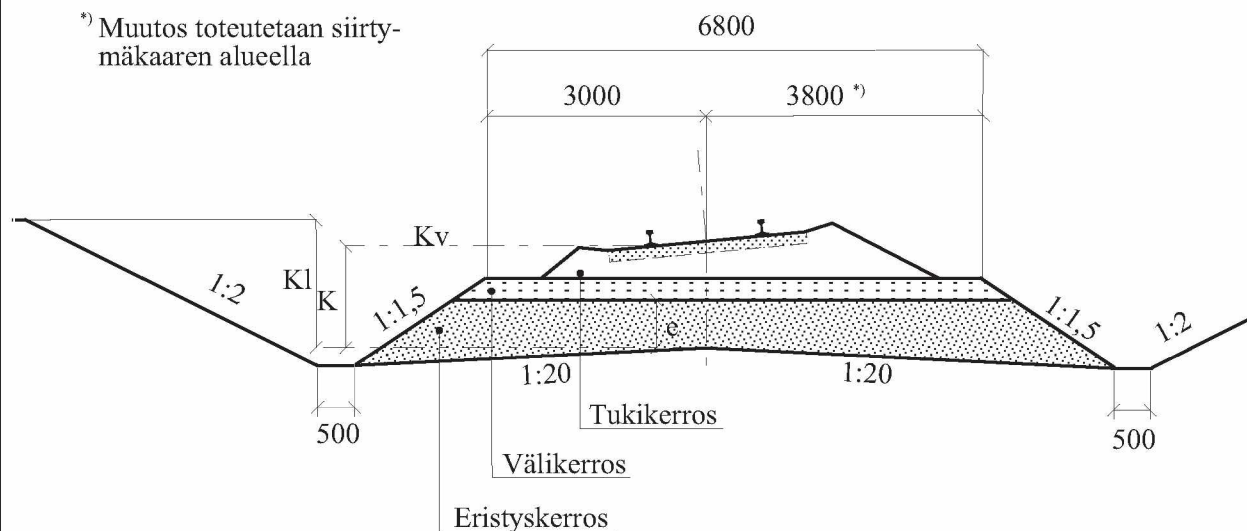
### Suoralla radalla



Leikkaussyvyys K<sub>l</sub>  
Rakennekerrospaksuus K  
Korkeusviiva K<sub>v</sub>

<sup>\*)</sup> Muutos toteutetaan siirtymäkaaren alueella

### Kaarteessa



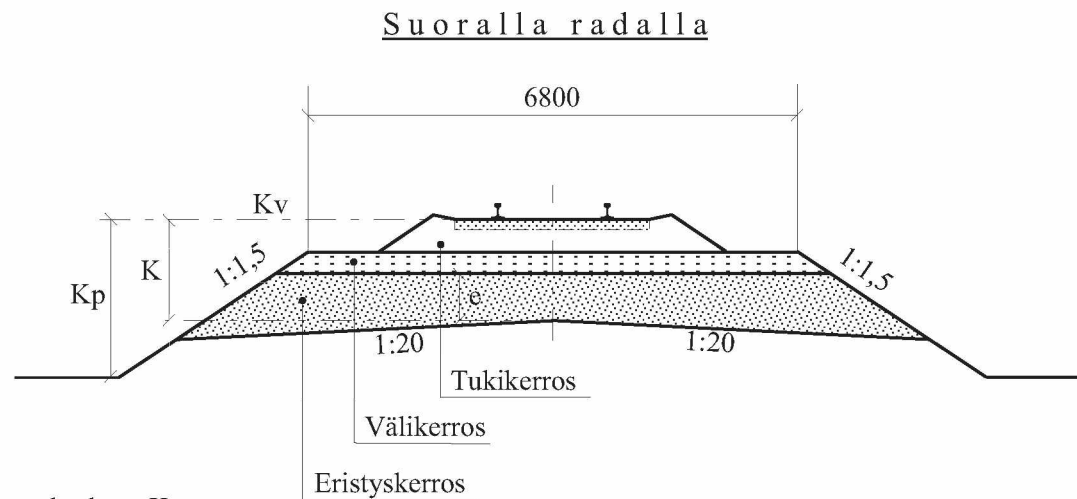
Pengerpohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 raiteen keskilinjasta lukien

| Poikkileikkausmitat           |                   |                |                        |                 |                          |                              |
|-------------------------------|-------------------|----------------|------------------------|-----------------|--------------------------|------------------------------|
| Rakennetyyppi                 | Tukikerros        |                | Eristyskerros hiekasta |                 | Eristyskerros murskeesta |                              |
|                               | Betonirata-pölkky | Puurata-pölkky | Välikerros             | Eristyskerros e | K                        | Välikerros + eristyskerros K |
| <b>Betonirata-pölkkyraide</b> |                   |                |                        |                 |                          |                              |
| LB900                         | 550               |                | 350                    | -               | 900                      | 350 900                      |
| LB1200                        | 550               |                | 300                    | 350             | 1200                     | 850 1400                     |
| LB1400                        | 550               |                | 300                    | 550             | 1400                     | 1050 1600                    |
| LB1600                        | 550               |                | 300                    | 750             | 1600                     | 1250 1800                    |
| LB1800                        | 550               |                | 300                    | 950             | 1800                     | 1450 2000                    |
| LB2000                        | 550               |                | 300                    | 1150            | 2000                     | 1750 2300                    |
| LB2200                        | 550               |                | 300                    | 1350            | 2200                     | 1950 2500                    |
| LB2400                        | 550               |                | 300                    | 1550            | 2400                     | 2150 2700                    |
| <b>Puurata-pölkkyraide</b>    |                   |                |                        |                 |                          |                              |
| L800                          |                   | 450            | 350                    | -               | 800                      | 450 900                      |
| L1200                         |                   | 450            | 300                    | 450             | 1200                     | 950 1400                     |
| L1400                         |                   | 450            | 300                    | 650             | 1400                     | 1150 1600                    |
| L1600                         |                   | 450            | 300                    | 850             | 1600                     | 1350 1800                    |
| L1800                         |                   | 450            | 300                    | 1050            | 1800                     | 1550 2000                    |
| L2000                         |                   | 450            | 300                    | 1250            | 2000                     | 1850 2300                    |
| L2200                         |                   | 450            | 300                    | 1450            | 2200                     | 2050 2500                    |
| L2400                         |                   | 450            | 300                    | 1650            | 2400                     | 2250 2700                    |



Mittakaava 1:100

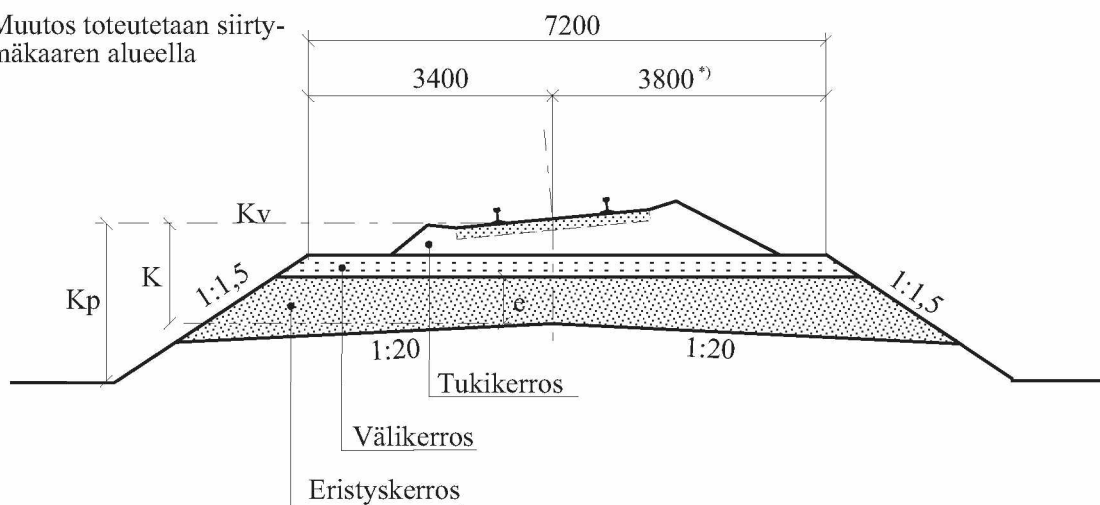
Normaalipoikkileikkaus  
Jk-1-LB900-6,0...Jk-1-LB2400-6,0  
Jk-1-L800-6,0...Jk-1-L2400-6,0



Pengerkorkeus Kp  
Rakennekerrospaksuus K  
Korkeusviiva Kv

K a a r t e e s s a

<sup>\*)</sup> Muutos toteutetaan siirtymäkaaren alueella



Pengerpohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 raiteen keskilinjasta lukien

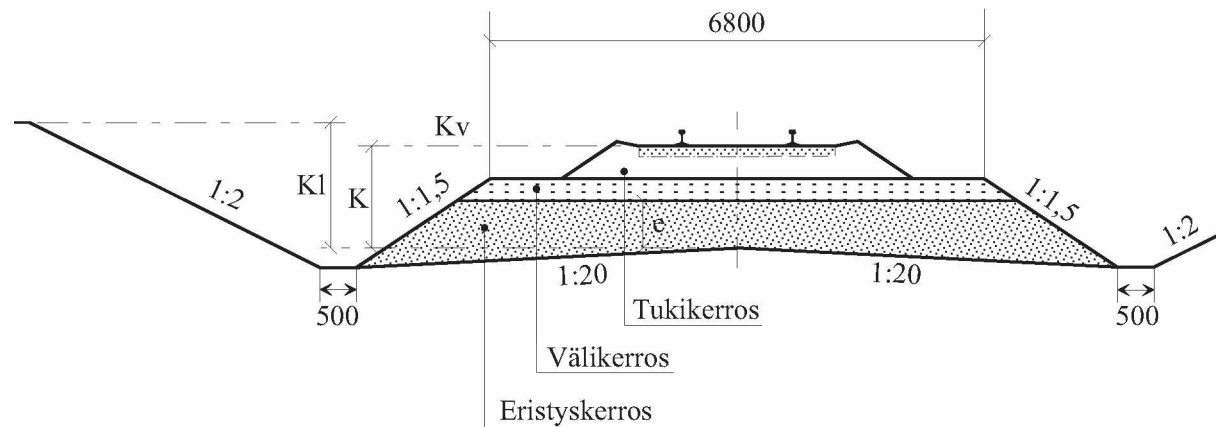
| Poikkileikkausmitat |                        |                         |                        |                      |      |                               |      |
|---------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|------|-------------------------------|------|
| Rakenne-<br>tyyppi  | Tukikerros             |                         | Eristyskerros hiekasta |                      |      | Eristyskerros murskeesta      |      |
|                     | Betonirata-<br>pölkky  | Puu-<br>rata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K    | Välikerros +<br>eristyskerros | K    |
|                     | Betonirata pölkkyraide |                         |                        |                      |      |                               |      |
| PB900               | 550                    |                         | 350                    | -                    | 900  | 350                           | 900  |
| PB1200              | 550                    |                         | 300                    | 350                  | 1200 | 850                           | 1400 |
| PB1400              | 550                    |                         | 300                    | 550                  | 1400 | 1050                          | 1600 |
| PB1600              | 550                    |                         | 300                    | 750                  | 1600 | 1250                          | 1800 |
| PB1800              | 550                    |                         | 300                    | 950                  | 1800 | 1450                          | 2000 |
| PB2000              | 550                    |                         | 300                    | 1150                 | 2000 | 1750                          | 2300 |
| PB2200              | 550                    |                         | 300                    | 1350                 | 2200 | 1950                          | 2500 |
| PB2400              | 550                    |                         | 300                    | 1550                 | 2400 | 2150                          | 2700 |



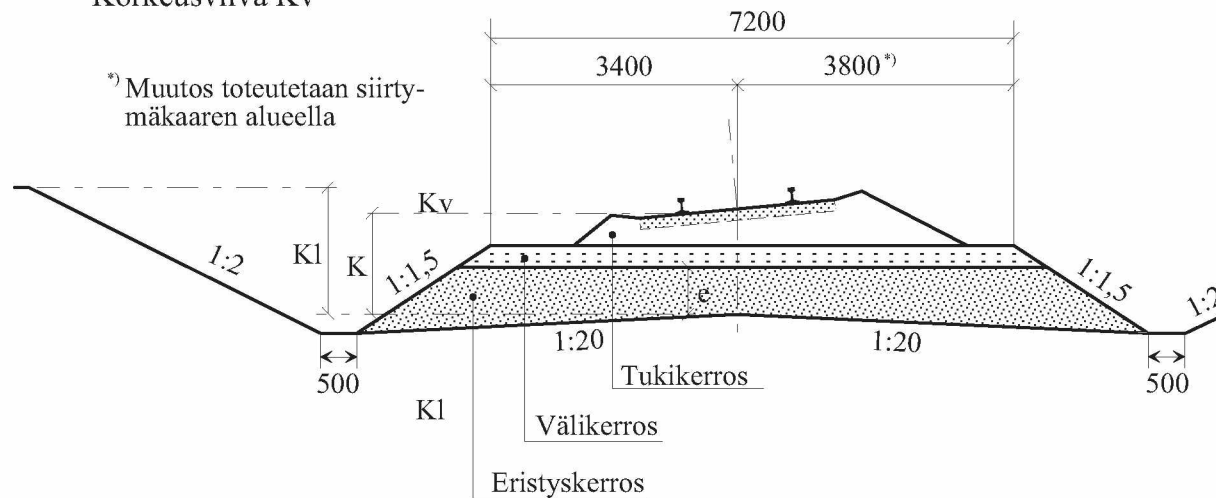
Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Jk-1-PB900-6,8...Jk-1-PB2400-6,8

Suoralla radalla



Pengerpohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 raiteen keskilinjasta lukien

K a a r t e e s s a

Leikkaussyvyys Kl  
Rakennekerrospaksuus K  
Korkeusviiva Kv

<sup>\*)</sup> Muutos toteutetaan siirtymäkaaren alueella

## Poikkileikkausmitat

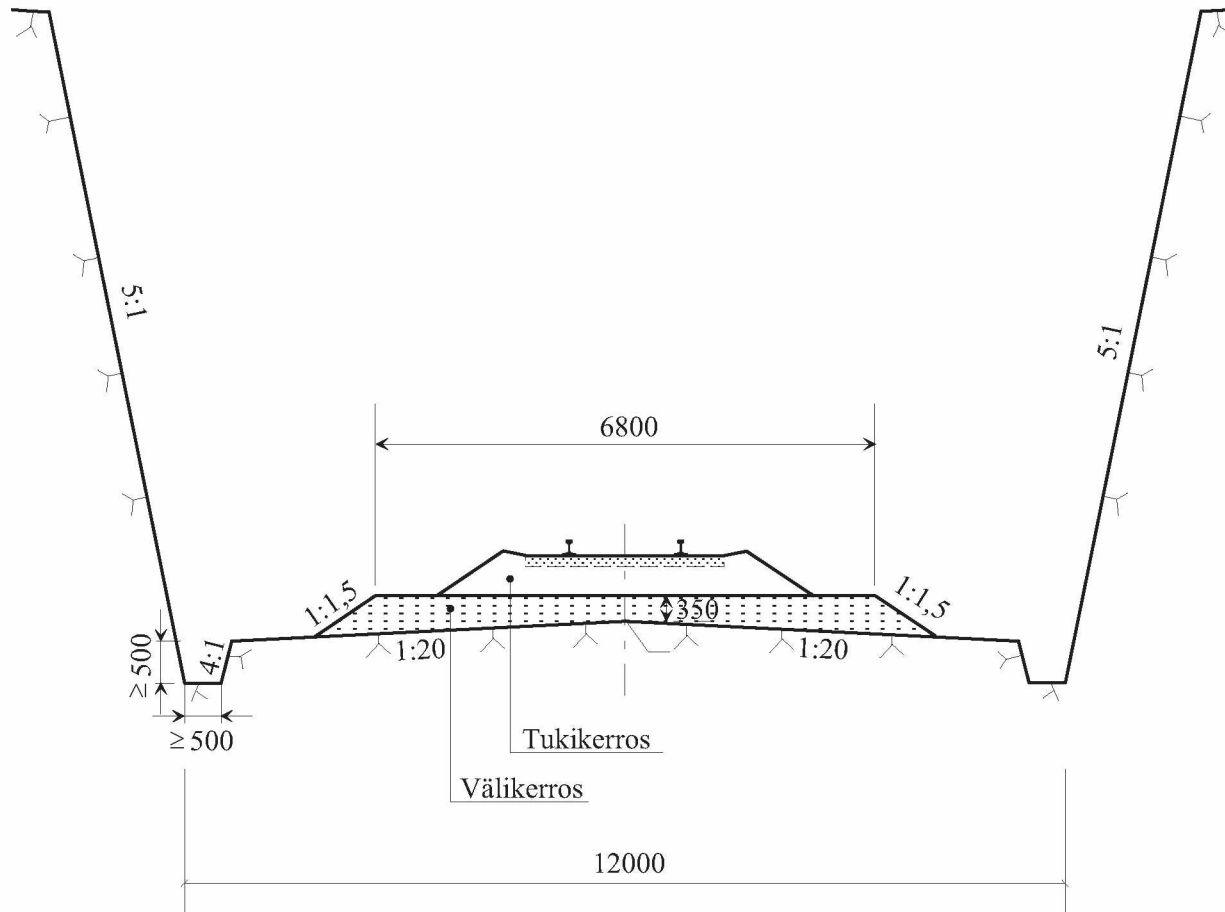
| Poikkileikkausmitat       |                            |                         |                        |                      |      |                               |      |
|---------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|------|-------------------------------|------|
| Rakenne-<br>ne-<br>tyyppi | Tukikerros                 |                         | Eristyskerros hiekasta |                      |      | Eristyskerros murskeesta      |      |
|                           | Betoni-<br>rata-<br>pölkky | Puu-<br>rata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K    | Välikerros +<br>eristyskerros | K    |
|                           | Betoni ratapölkkyraide     |                         |                        |                      |      |                               |      |
| LB900                     | 550                        |                         | 350                    | -                    | 900  | 350                           | 900  |
| LB1200                    | 550                        |                         | 300                    | 350                  | 1200 | 850                           | 1400 |
| LB1400                    | 550                        |                         | 300                    | 550                  | 1400 | 1050                          | 1600 |
| LB1600                    | 550                        |                         | 300                    | 750                  | 1600 | 1250                          | 1800 |
| LB1800                    | 550                        |                         | 300                    | 950                  | 1800 | 1450                          | 2000 |
| LB2000                    | 550                        |                         | 300                    | 1150                 | 2000 | 1750                          | 2300 |
| LB2200                    | 550                        |                         | 300                    | 1350                 | 2200 | 1950                          | 2500 |
| LB2400                    | 550                        |                         | 300                    | 1550                 | 2400 | 2150                          | 2700 |



Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Jk-1-LB900-6,8...Jk-1-LB2400-6,8





Leikkauspohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20  
raiteen keskilinjasta lukien

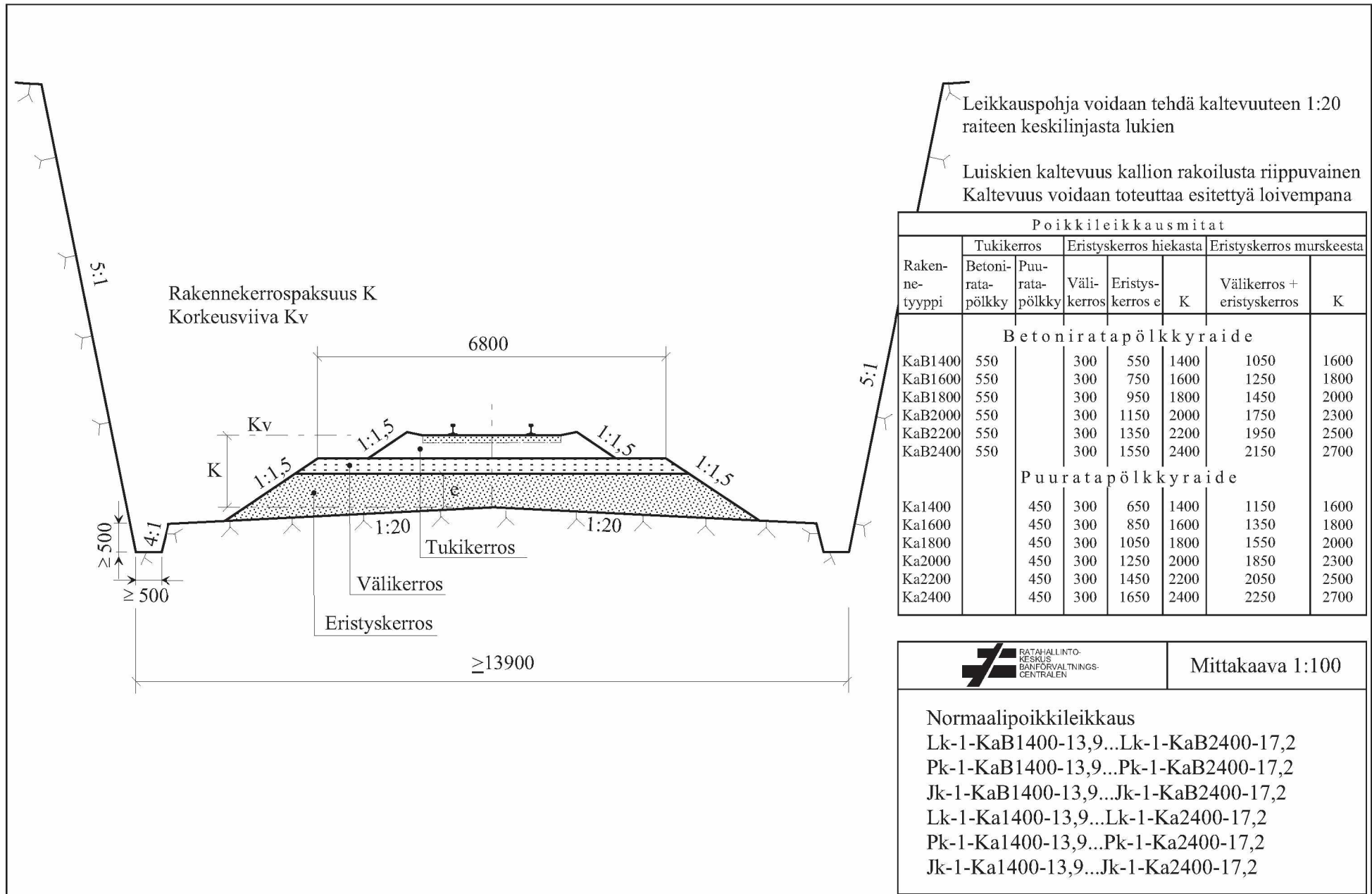
Luiskien kaltevuus kallion rakoilusta riippuvainen  
Kaltevuus voidaan toteuttaa esitettyä loivempuna

| Poikkileikkausmitat     |                            |                         |                        |                      |     |                               |     |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|-----|-------------------------------|-----|
| Raken-<br>ne-<br>tyyppi | Tukikerros                 |                         | Eristyskerros hiekasta |                      |     | Eristyskerros murskeesta      |     |
|                         | Betoni-<br>rata-<br>pölkky | Puu-<br>rata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K   | Välikerros +<br>eristyskerros | K   |
| KaB900                  | 550                        |                         | 350                    | -                    | 900 | 350                           | 900 |
| Ka800                   |                            | 450                     | 350                    | -                    | 800 | 450                           | 900 |

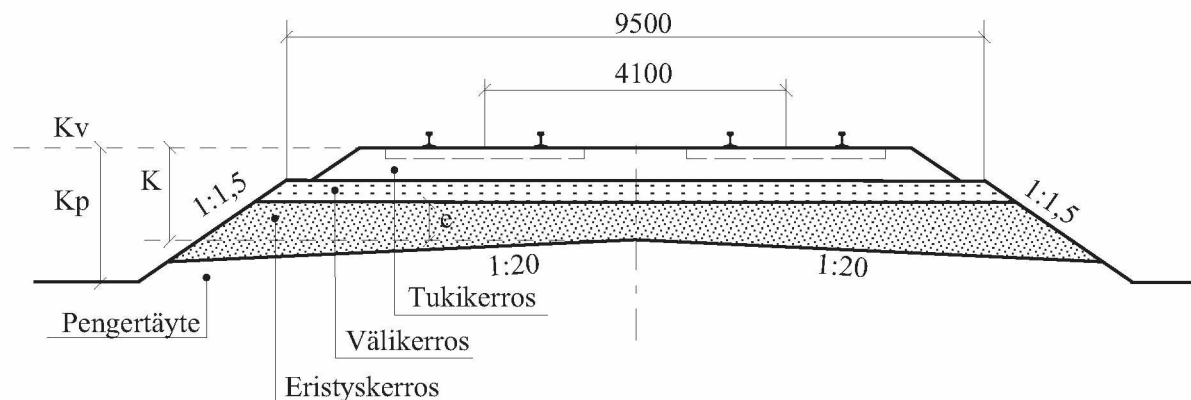


Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Lk-1-KaB900-12,0  
Pk-1-KaB900-12,0  
Jk-1-KaB900-12,0  
Lk-1-Ka800-12,0  
Pk-1-Ka800-12,0  
Jk-1-Ka800-12,0



### Suoralla radalla

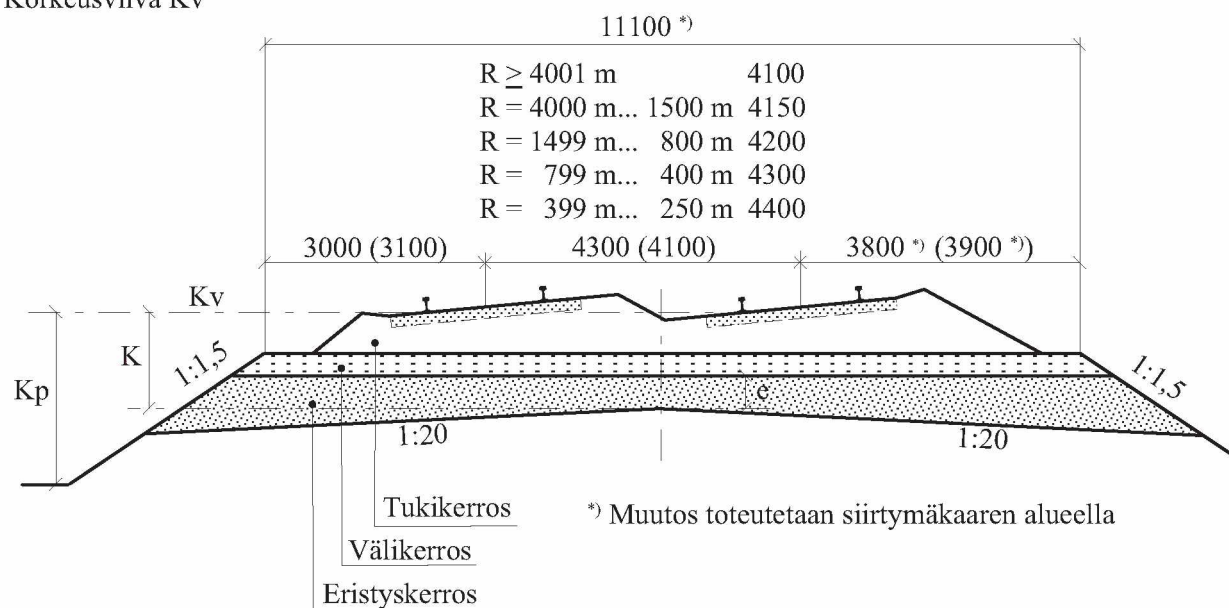


Jos ulomman raiteen kallistus on suurempi kuin sisemmän, on raideväliä vastaavasti suurennettava

Pengerpohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 tai loivempaa

Pengerkorkeus  $K_p$   
Rakennekerrospaksuus  $K$   
Korkeusviiva  $K_v$

### Kaarteessa



### Poikkileikkausmitat

| Rakenne-<br>tyyppi | Tukikerros                 |                         | Eristyskerros hiekasta |                      | Eristyskerros murskeesta |                               |
|--------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------|
|                    | Betoni-<br>rata-<br>pölkky | Puu-<br>rata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K                        | Välikerros +<br>eristyskerros |
| Puuratapölkkyraide |                            |                         |                        |                      |                          |                               |
| P800               |                            | 450                     | 350                    | -                    | 800                      | 450                           |
| P1200              |                            | 450                     | 300                    | 450                  | 1200                     | 950                           |
| P1400              |                            | 450                     | 300                    | 650                  | 1400                     | 1150                          |
| P1600              |                            | 450                     | 300                    | 850                  | 1600                     | 1350                          |
| P1800              |                            | 450                     | 300                    | 1050                 | 1800                     | 1550                          |
| P2000              |                            | 450                     | 300                    | 1250                 | 2000                     | 1850                          |
| P2200              |                            | 450                     | 300                    | 1450                 | 2200                     | 2050                          |
| P2400              |                            | 450                     | 300                    | 1650                 | 2400                     | 2250                          |

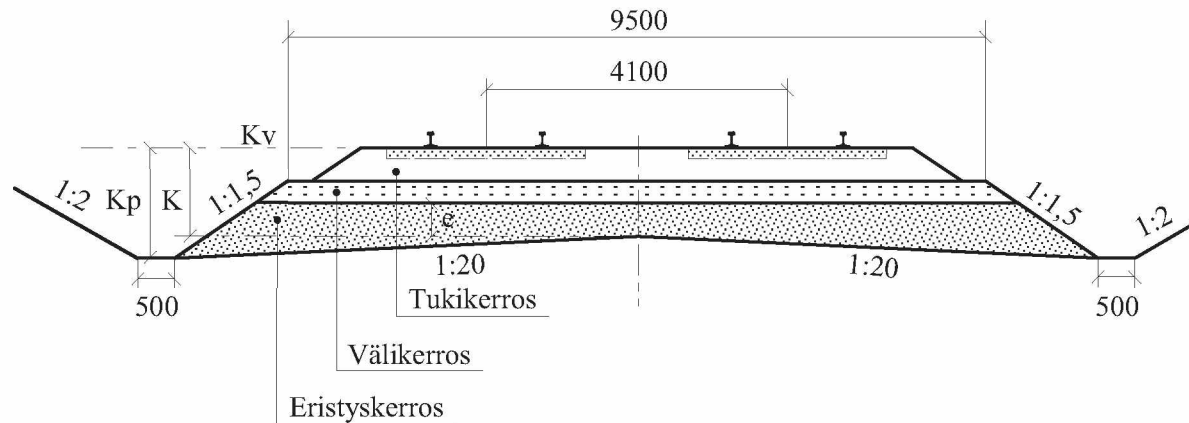


Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Jk-2-P800-9,5...Jk-2-P2400-9,5



S u o r a l l a   r a d a l l a

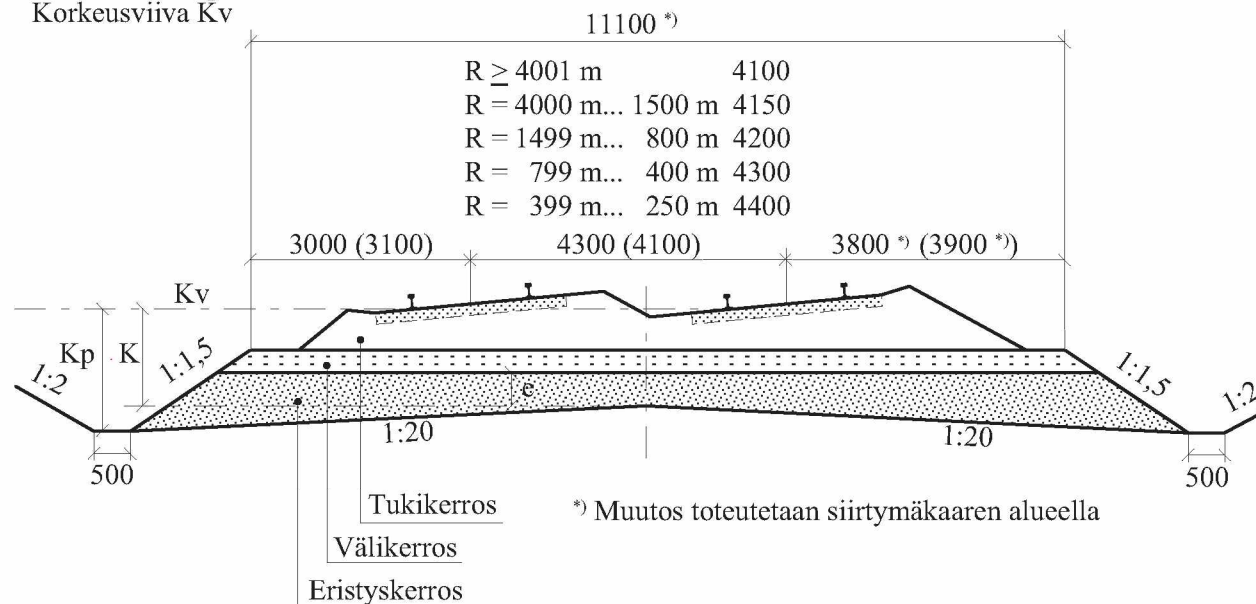


Jos ulomman raiteen kallistus on suurempi kuin sisemmän, on raideväliä vastaavasti suurennettava

Pengerpohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 tai loivempana

K a a r t e e s s a

Pengerkorkeus Kp  
Rakennekerrospaksuus K  
Korkeusviiva Kv



\*) Muutos toteutetaan siirtymäkaaren alueella

Poikkileikkausmitat

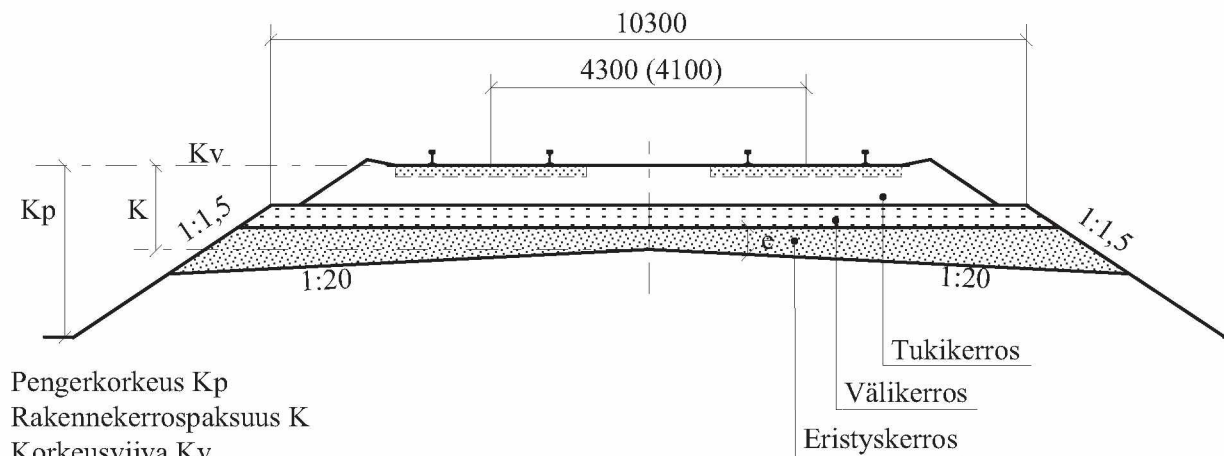
| Rakenne-<br>tyyppi | Tukikerros            |                    | Eristyskerros hiekaista |                      |      | Eristyskerros murskeesta      |      |
|--------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|------|-------------------------------|------|
|                    | Betonirata-<br>pölkky | Puurata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros         | Eristys-<br>kerros e | K    | Välikerros +<br>eristyskerros | K    |
|                    |                       | Puuratapölkkyraide |                         |                      |      |                               |      |
| P800               |                       | 450                | 350                     | -                    | 800  | 450                           | 900  |
| P1200              |                       | 450                | 300                     | 450                  | 1200 | 950                           | 1400 |
| P1400              |                       | 450                | 300                     | 650                  | 1400 | 1150                          | 1600 |
| P1600              |                       | 450                | 300                     | 850                  | 1600 | 1350                          | 1800 |
| P1800              |                       | 450                | 300                     | 1050                 | 1800 | 1550                          | 2000 |
| P2000              |                       | 450                | 300                     | 1250                 | 2000 | 1850                          | 2300 |
| P2200              |                       | 450                | 300                     | 1450                 | 2200 | 2050                          | 2500 |
| P2400              |                       | 450                | 300                     | 1650                 | 2400 | 2250                          | 2700 |



Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Jk-2-P800-9,5...Jk-2-P2400-9,5

### Suoralla radalla

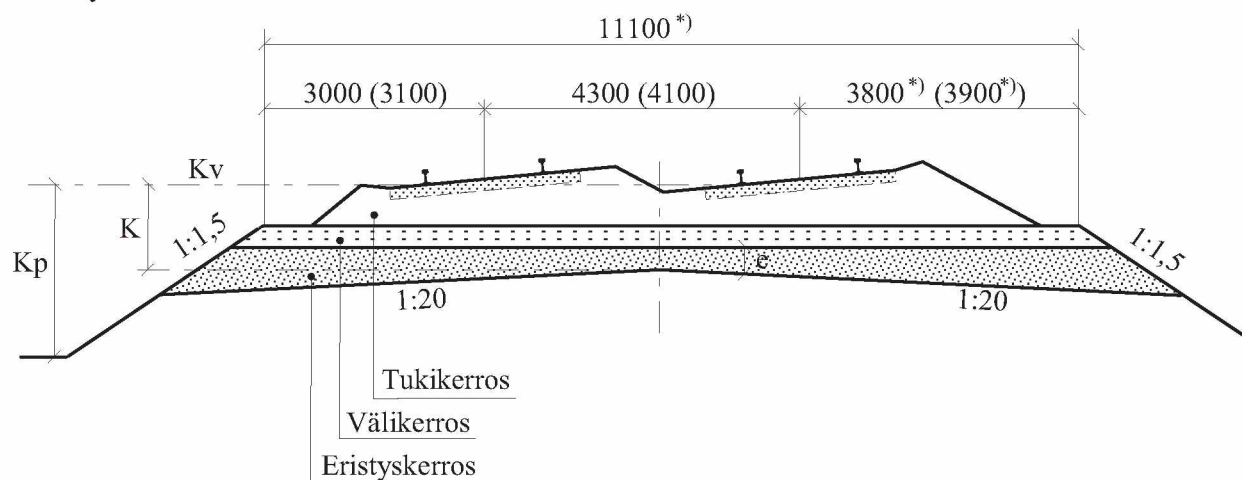


Jos ulomman raiteen kallistus on suurempi kuin sisemmän, on raideväliä vastaavasti suurennettava

Pengerpohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 tai loivempuna

\*) Muutos toteutetaan siirtymäkaaren alueella

### Kaarteessa



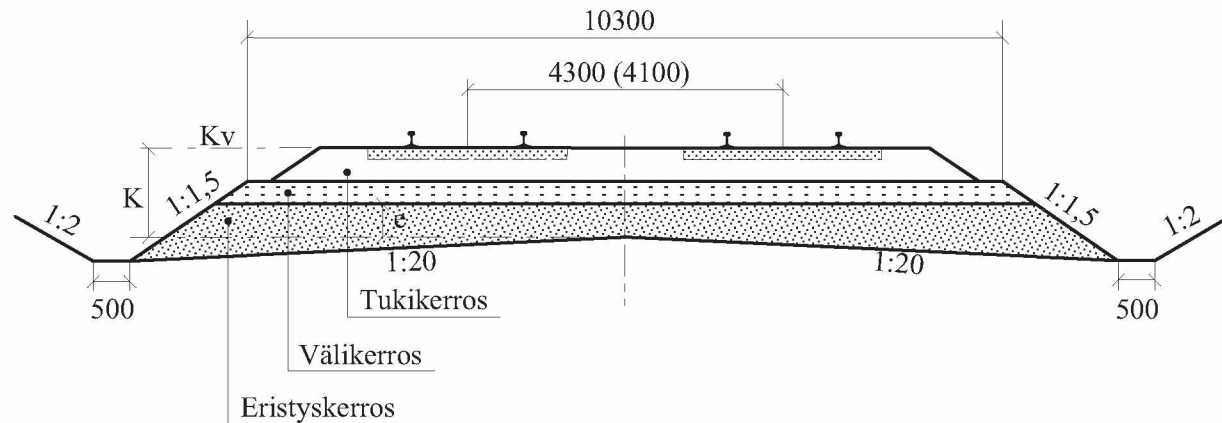
| Poikkileikkausmitat           |                   |                |                        |               |                          |                            |      |
|-------------------------------|-------------------|----------------|------------------------|---------------|--------------------------|----------------------------|------|
| Rakennetyyppi                 | Tukikerros        |                | Eristyskerros hiekasta |               | Eristyskerros murskeesta |                            |      |
|                               | Betonirata-pölkky | Puurata-pölkky | Välikerros             | Eristyskerros | K                        | Välikerros + eristyskerros | K    |
| <b>Betonirata-pölkkyraide</b> |                   |                |                        |               |                          |                            |      |
| PB900                         | 550               |                | 350                    | -             | 900                      | 350                        | 900  |
| PB1200                        | 550               |                | 300                    | 350           | 1200                     | 850                        | 1400 |
| PB1400                        | 550               |                | 300                    | 550           | 1400                     | 1050                       | 1600 |
| PB1600                        | 550               |                | 300                    | 750           | 1600                     | 1250                       | 1800 |
| PB1800                        | 550               |                | 300                    | 950           | 1800                     | 1450                       | 2000 |
| PB2000                        | 550               |                | 300                    | 1150          | 2000                     | 1750                       | 2300 |
| PB2200                        | 550               |                | 300                    | 1350          | 2200                     | 1950                       | 2500 |
| PB2400                        | 550               |                | 300                    | 1550          | 2400                     | 2150                       | 2700 |
| <b>Puurata-pölkkyraide</b>    |                   |                |                        |               |                          |                            |      |
| P800                          |                   | 450            | 350                    | -             | 800                      | 450                        | 900  |
| P1200                         |                   | 450            | 300                    | 450           | 1200                     | 950                        | 1400 |
| P1400                         |                   | 450            | 300                    | 650           | 1400                     | 1150                       | 1600 |
| P1600                         |                   | 450            | 300                    | 850           | 1600                     | 1350                       | 1800 |
| P1800                         |                   | 450            | 300                    | 1050          | 1800                     | 1550                       | 2000 |
| P2000                         |                   | 450            | 300                    | 1250          | 2000                     | 1850                       | 2300 |
| P2200                         |                   | 450            | 300                    | 1450          | 2200                     | 2050                       | 2500 |
| P2400                         |                   | 450            | 300                    | 1650          | 2400                     | 2250                       | 2700 |



Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Jk-2-PB900-10,3...Jk-2-PB2400-10,3  
Jk-2-P800-10,3...Jk-2-PB2400-10,3

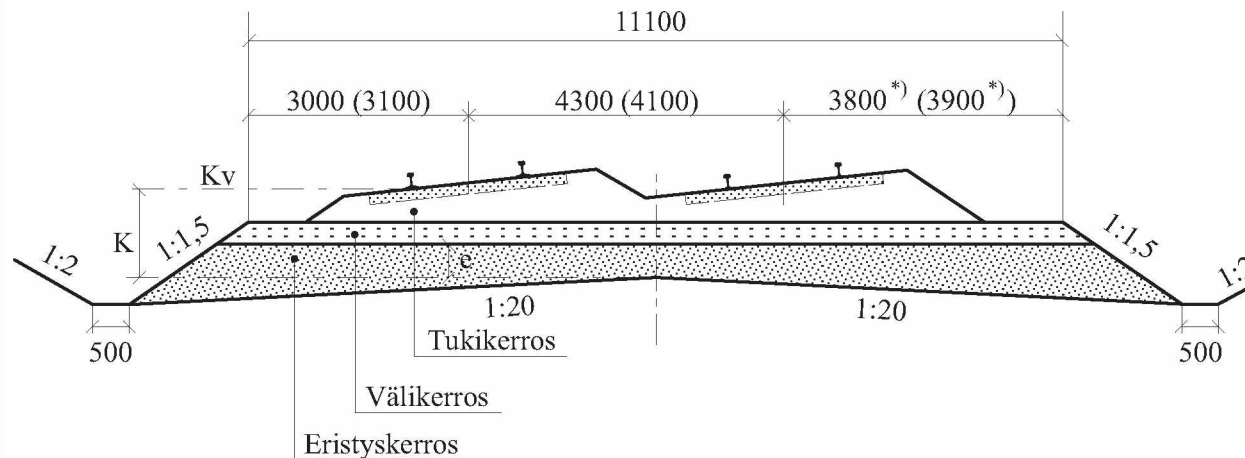
### Suoralla radalla



Rakennekerrospaksuus K  
Korkeusviiva Kv

<sup>\*)</sup> Muutos toteutetaan siirtymäkaaren alueella

### Kaarteessa



Jos ulomman raiteen kallistus on suurempi kuin sisemmän, on raideväliä vastaavasti suurennettava

Pengerpohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 tai loivempänä

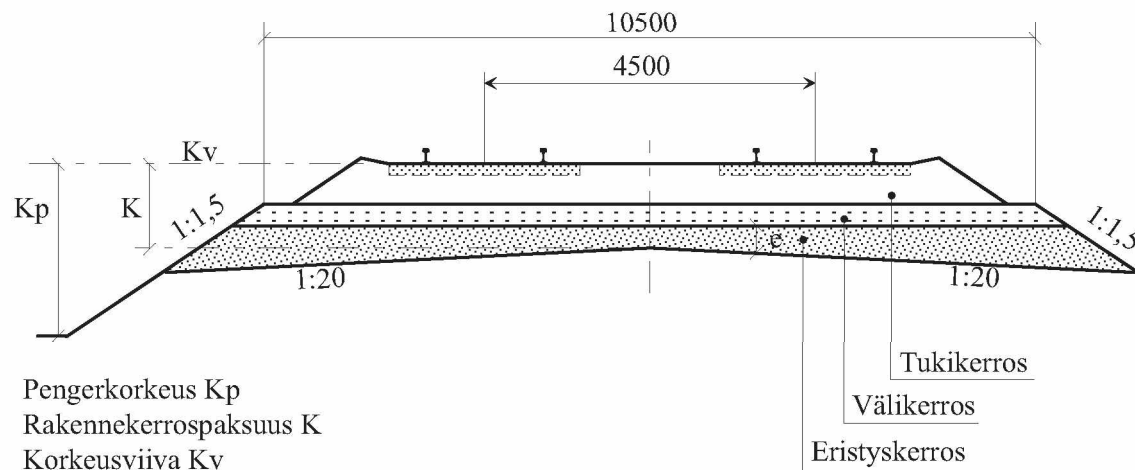
| Poikkileikkausmitat           |                    |                 |                        |                  |      |                              |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------|------------------|------|------------------------------|
| Rakenne-tyyppi                | Tukikerros         |                 | Eristyskerros hiekasta |                  |      | Eristyskerros murskeesta     |
|                               | Betoni-rata-pölkky | Puu-rata-pölkky | Väli-kerros            | Eristys-kerros e | K    | Välikerros + eristyskerros K |
| <b>Betonirata-pölkkyraide</b> |                    |                 |                        |                  |      |                              |
| LB900                         | 550                |                 | 350                    | -                | 900  | 350 900                      |
| LB1200                        | 550                |                 | 300                    | 350              | 1200 | 850 1400                     |
| LB1400                        | 550                |                 | 300                    | 550              | 1400 | 1050 1600                    |
| LB1600                        | 550                |                 | 300                    | 750              | 1600 | 1250 1800                    |
| LB1800                        | 550                |                 | 300                    | 950              | 1800 | 1450 2000                    |
| LB2000                        | 550                |                 | 300                    | 1150             | 2000 | 1750 2300                    |
| LB2200                        | 550                |                 | 300                    | 1350             | 2200 | 1950 2500                    |
| LB2400                        | 550                |                 | 300                    | 1550             | 2400 | 2150 2700                    |
| <b>Puurata-pölkkyraide</b>    |                    |                 |                        |                  |      |                              |
| L800                          |                    | 450             | 350                    | -                | 800  | 450 900                      |
| L1200                         |                    | 450             | 300                    | 450              | 1200 | 950 1400                     |
| L1400                         |                    | 450             | 300                    | 650              | 1400 | 1150 1600                    |
| L1600                         |                    | 450             | 300                    | 850              | 1600 | 1350 1800                    |
| L1800                         |                    | 450             | 300                    | 1050             | 1800 | 1550 2000                    |
| L2000                         |                    | 450             | 300                    | 1250             | 2000 | 1850 2300                    |
| L2200                         |                    | 450             | 300                    | 1450             | 2200 | 2050 2500                    |
| L2400                         |                    | 450             | 300                    | 1650             | 2400 | 2250 2700                    |



Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Jk-2-LB900-10,3...Jk-2-LB2400-10,3  
Jk-2-L800-10,3...Jk-2-L2400-10,3

### Suoralla radalla

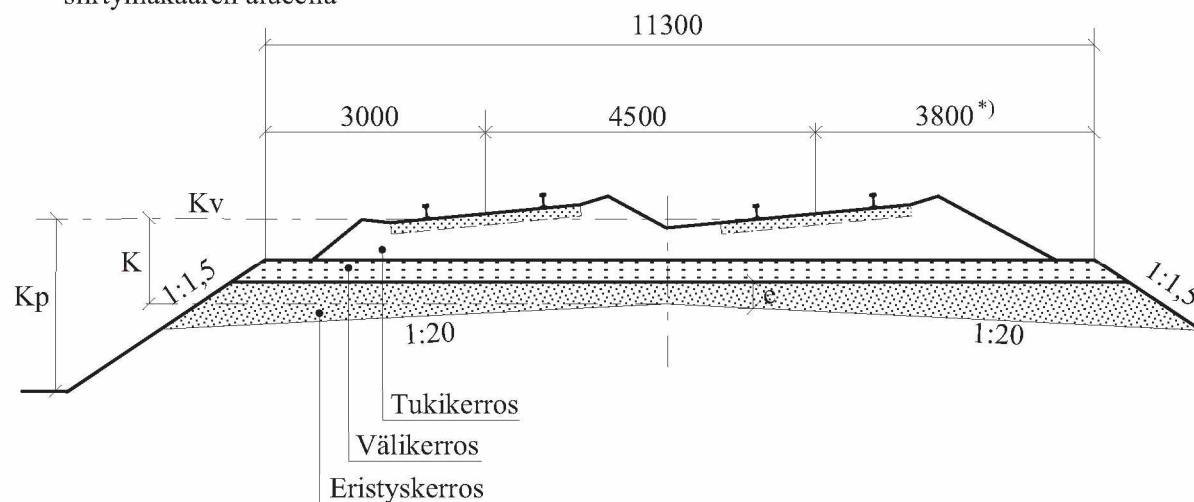


Jos ulomman raiteen kallistus on suurempi kuin sisemmän, on raideväliä vastaavasti suurennettava

Pengerpohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 tai loivempana

\*) Muutos toteutetaan siirtymäkaaren alueella

### Kaarteessa



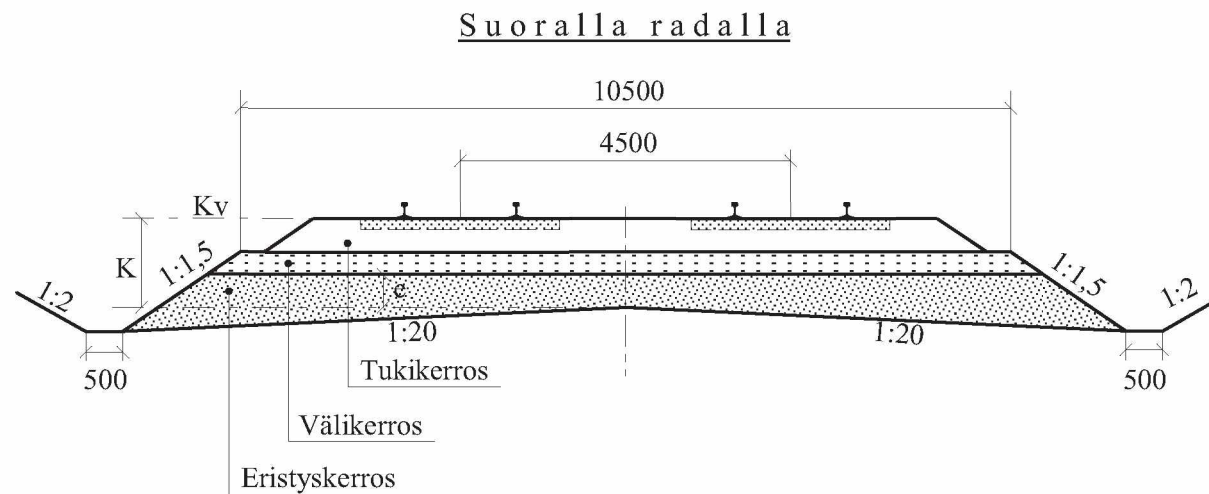
| Poikkileikkausmitat          |                            |                         |                        |                      |                          |                               |      |
|------------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------|------|
| Rakenne-<br>tyyppi           | Tukikerros                 |                         | Eristyskerros hiekasta |                      | Eristyskerros murskeesta |                               |      |
|                              | Betoni-<br>rata-<br>pölkky | Puu-<br>rata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K                        | Välikerros +<br>eristyskerros | K    |
| <b>Betoniratapölkkyraide</b> |                            |                         |                        |                      |                          |                               |      |
| PB900                        | 550                        |                         | 350                    | -                    | 900                      | 350                           | 900  |
| PB1200                       | 550                        |                         | 300                    | 350                  | 1200                     | 850                           | 1400 |
| PB1400                       | 550                        |                         | 300                    | 550                  | 1400                     | 1050                          | 1600 |
| PB1600                       | 550                        |                         | 300                    | 750                  | 1600                     | 1250                          | 1800 |
| PB1800                       | 550                        |                         | 300                    | 950                  | 1800                     | 1450                          | 2000 |
| PB2000                       | 550                        |                         | 300                    | 1150                 | 2000                     | 1750                          | 2300 |
| PB2200                       | 550                        |                         | 300                    | 1350                 | 2200                     | 1950                          | 2500 |
| PB2400                       | 550                        |                         | 300                    | 1550                 | 2400                     | 2150                          | 2700 |
| <b>Puuratapölkkyraide</b>    |                            |                         |                        |                      |                          |                               |      |
| P800                         |                            | 450                     | 350                    | -                    | 800                      | 450                           | 900  |
| P1200                        |                            | 450                     | 300                    | 450                  | 1200                     | 950                           | 1400 |
| P1400                        |                            | 450                     | 300                    | 650                  | 1400                     | 1150                          | 1600 |
| P1600                        |                            | 450                     | 300                    | 850                  | 1600                     | 1350                          | 1800 |
| P1800                        |                            | 450                     | 300                    | 1050                 | 1800                     | 1550                          | 2000 |
| P2000                        |                            | 450                     | 300                    | 1250                 | 2000                     | 1850                          | 2300 |
| P2200                        |                            | 450                     | 300                    | 1450                 | 2200                     | 2050                          | 2500 |
| P2400                        |                            | 450                     | 300                    | 1650                 | 2400                     | 2250                          | 2700 |



Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Jk-2-PB900-10,5...Jk-2-PB2400-10,5  
Jk-2-P800-10,5...Jk-2-P2400-10,5

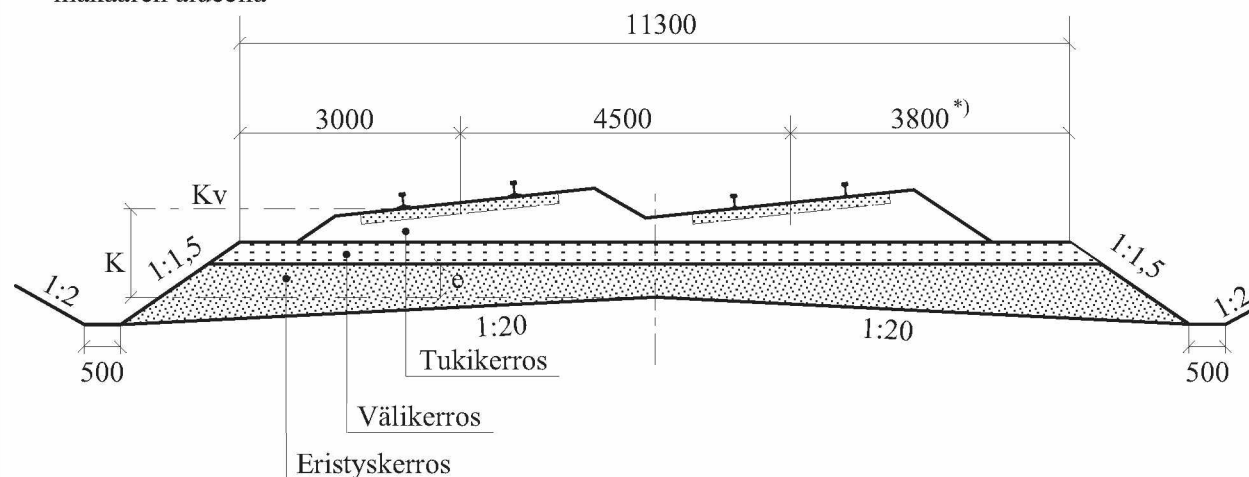




Rakennekerrospaksuus K  
Korkeusviiva Kv

K a a r t e e s s a

<sup>\*)</sup> Muutos toteutetaan siirtymäkaaren alueella



Jos ulomman raiteen kallistus on suurempi kuin sisemmän, on raideväliä vastaavasti suurennettava

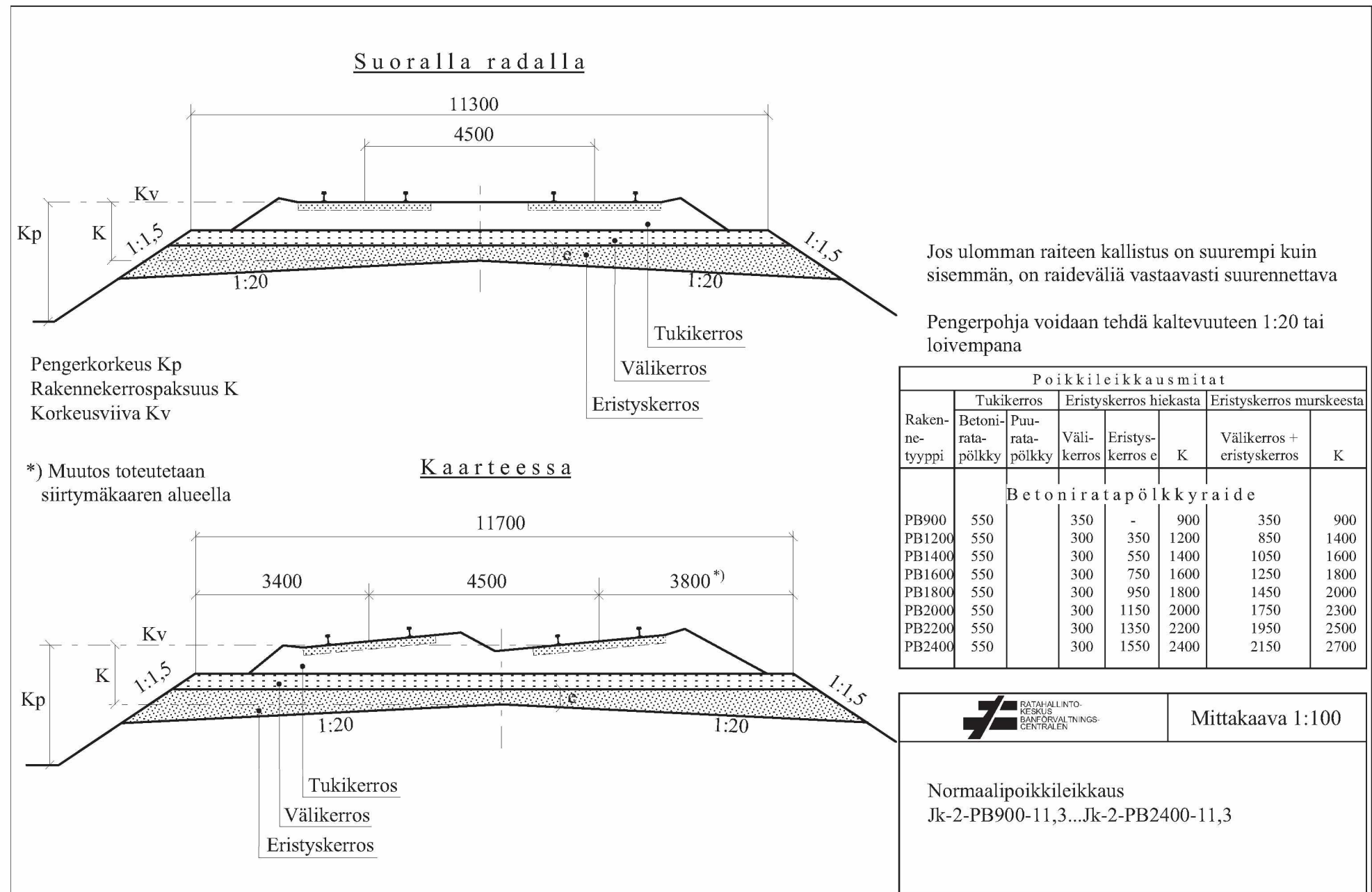
Pengerpohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 tai loivempuna

| Poikkileikkausmitat       |                            |                         |                        |                      |                          |                               |      |
|---------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------|------|
| Rakenne-<br>ne-<br>tyyppi | Tukikerros                 |                         | Eristyskerros hiekasta |                      | Eristyskerros murskeesta |                               |      |
|                           | Betoni-<br>rata-<br>pölkky | Puu-<br>rata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K                        | Välikerros +<br>eristyskerros | K    |
| Betoniratapölkkyraide     |                            |                         |                        |                      |                          |                               |      |
| LB900                     | 550                        |                         | 350                    | -                    | 900                      | 350                           | 900  |
| LB1200                    | 550                        |                         | 300                    | 350                  | 1200                     | 850                           | 1400 |
| LB1400                    | 550                        |                         | 300                    | 550                  | 1400                     | 1050                          | 1600 |
| LB1600                    | 550                        |                         | 300                    | 750                  | 1600                     | 1250                          | 1800 |
| LB1800                    | 550                        |                         | 300                    | 950                  | 1800                     | 1450                          | 2000 |
| LB2000                    | 550                        |                         | 300                    | 1150                 | 2000                     | 1750                          | 2300 |
| LB2200                    | 550                        |                         | 300                    | 1350                 | 2200                     | 1950                          | 2500 |
| LB2400                    | 550                        |                         | 300                    | 1550                 | 2400                     | 2150                          | 2700 |
| Puuratapölkkyraide        |                            |                         |                        |                      |                          |                               |      |
| L800                      |                            | 450                     | 350                    | -                    | 800                      | 450                           | 900  |
| L1200                     |                            | 450                     | 300                    | 450                  | 1200                     | 950                           | 1400 |
| L1400                     |                            | 450                     | 300                    | 650                  | 1400                     | 1150                          | 1600 |
| L1600                     |                            | 450                     | 300                    | 850                  | 1600                     | 1350                          | 1800 |
| L1800                     |                            | 450                     | 300                    | 1050                 | 1800                     | 1550                          | 2000 |
| L2000                     |                            | 450                     | 300                    | 1250                 | 2000                     | 1850                          | 2300 |
| L2200                     |                            | 450                     | 300                    | 1450                 | 2200                     | 2050                          | 2500 |
| L2400                     |                            | 450                     | 300                    | 1650                 | 2400                     | 2250                          | 2700 |

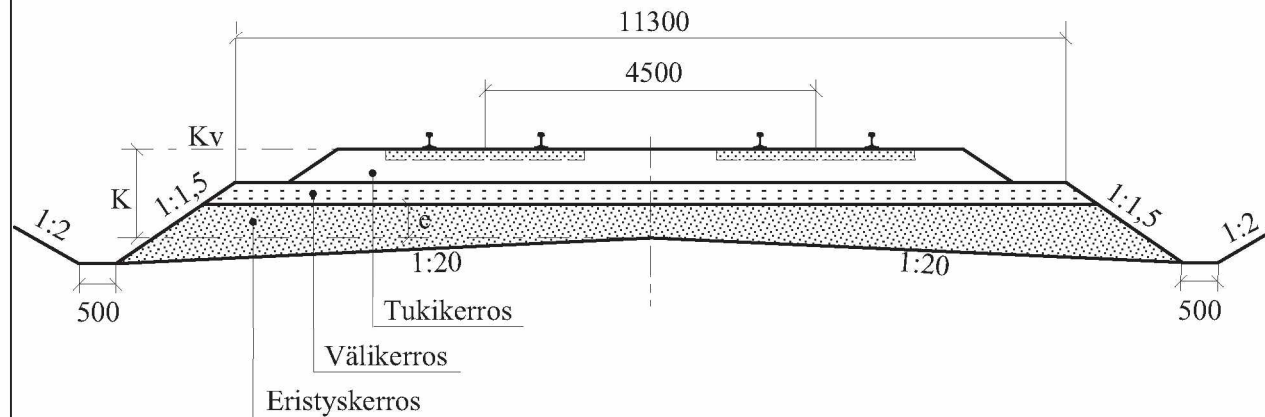


Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Jk-2-LB900-10,5...Jk-2-LB2400-10,5  
Jk-2-L800-10,5...Jk-2-L2400-10,5

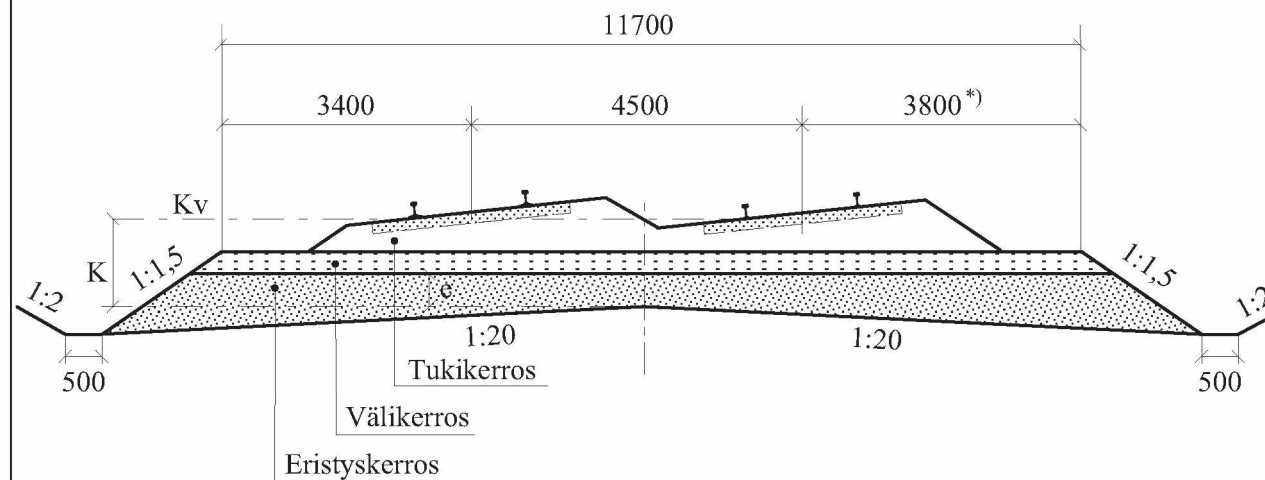


Suoralla radalla



Rakennekerrospaksuus K  
Korkeusviiva Kv

<sup>\*)</sup> Muutos toteutetaan siirtymäkaaren alueella

K a a r t e e s s a

Jos ulomman raiteen kallistus on suurempi kuin sisemmän, on raideväliä vastaavasti suurennettava

Pengerpohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 tai loivempana

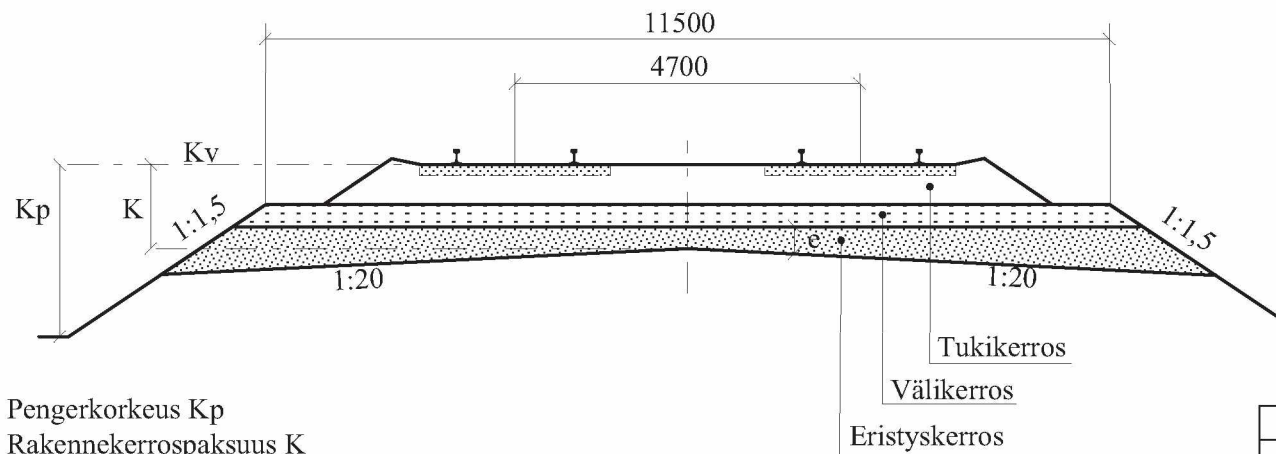
| Poikkileikkausmitat |                       |                    |                        |                      |      |                               |      |
|---------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|----------------------|------|-------------------------------|------|
| Rakenne-<br>tyyppi  | Tukikerros            |                    | Eristyskerros hiekasta |                      |      | Eristyskerros murskeesta      |      |
|                     | Betonirata-<br>pölkky | Puurata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K    | Välikerros +<br>eristyskerros | K    |
|                     |                       |                    |                        |                      |      |                               |      |
|                     | Betoniratapölkkyraide |                    |                        |                      |      |                               |      |
| LB900               | 550                   |                    | 350                    | -                    | 900  | 350                           | 900  |
| LB1200              | 550                   |                    | 300                    | 350                  | 1200 | 850                           | 1400 |
| LB1400              | 550                   |                    | 300                    | 550                  | 1400 | 1050                          | 1600 |
| LB1600              | 550                   |                    | 300                    | 750                  | 1600 | 1250                          | 1800 |
| LB1800              | 550                   |                    | 300                    | 950                  | 1800 | 1450                          | 2000 |
| LB2000              | 550                   |                    | 300                    | 1150                 | 2000 | 1750                          | 2300 |
| LB2200              | 550                   |                    | 300                    | 1350                 | 2200 | 1950                          | 2500 |
| LB2400              | 550                   |                    | 300                    | 1550                 | 2400 | 2150                          | 2700 |



Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Jk-2-LB900-11,3...Jk-2-LB2400-11,3

### Suoralla radalla



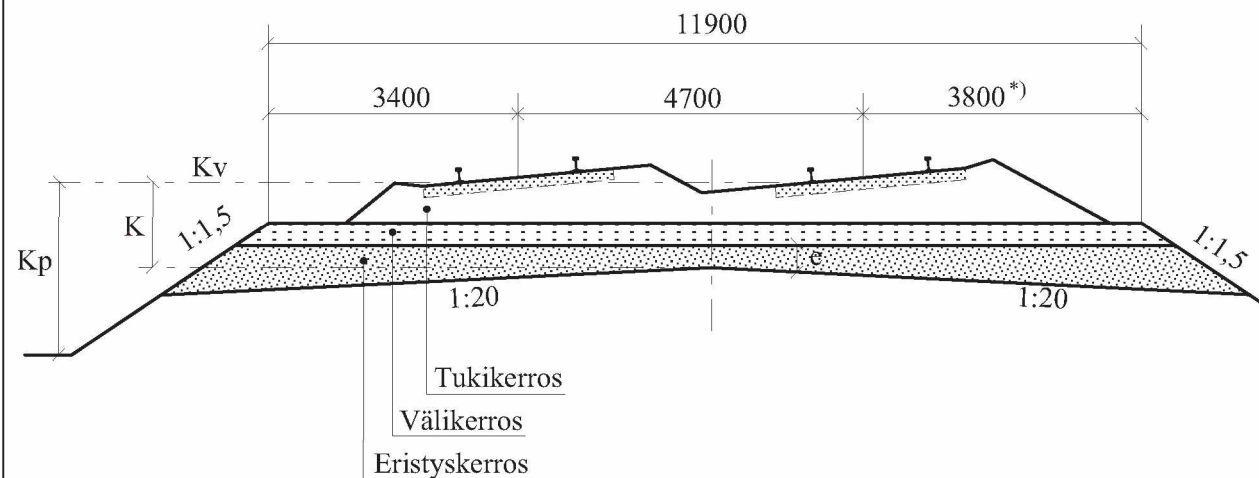
Jos ulomman raiteen kallistus on suurempi kuin sisemmän, on raideväliä vastaavasti suurennettava

Pengerpohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 tai loivempana

Pengerkorkeus  $K_p$   
Rakennekerrospaksuus  $K$   
Korkeusviiva  $K_v$

\*) Muutos toteutetaan siirtymäkaaren alueella

### Kaarteessa



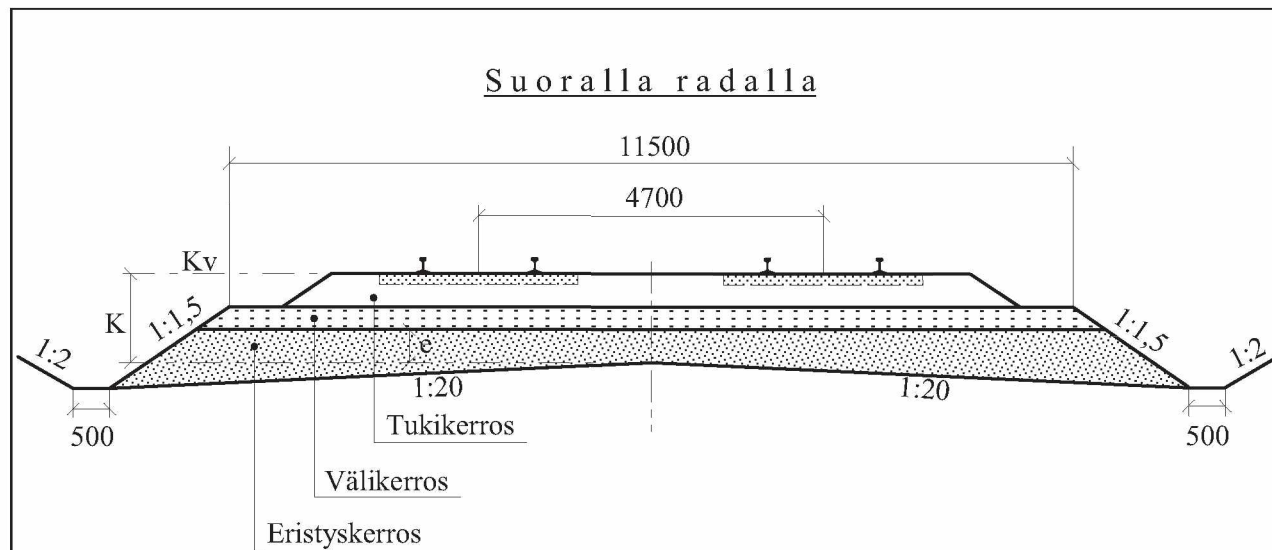
| Poikkileikkausmitat   |                            |                         |                        |                      |      |                               |      |
|-----------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|------|-------------------------------|------|
| Rakenne-<br>tyyppi    | Tukikerros                 |                         | Eristyskerros hiekasta |                      |      | Eristyskerros murskeesta      |      |
|                       | Betoni-<br>rata-<br>pölkky | Puu-<br>rata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K    | Välikerros +<br>eristyskerros | K    |
| Betoniratapölkkyraide |                            |                         |                        |                      |      |                               |      |
| PB900                 | 550                        |                         | 350                    | -                    | 900  | 350                           | 900  |
| PB1200                | 550                        |                         | 300                    | 350                  | 1200 | 850                           | 1400 |
| PB1400                | 550                        |                         | 300                    | 550                  | 1400 | 1050                          | 1600 |
| PB1600                | 550                        |                         | 300                    | 750                  | 1600 | 1250                          | 1800 |
| PB1800                | 550                        |                         | 300                    | 950                  | 1800 | 1450                          | 2000 |
| PB2000                | 550                        |                         | 300                    | 1150                 | 2000 | 1750                          | 2300 |
| PB2200                | 550                        |                         | 300                    | 1350                 | 2200 | 1950                          | 2500 |
| PB2400                | 550                        |                         | 300                    | 1550                 | 2400 | 2150                          | 2700 |



Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Jk-2-PB900-11,5...Jk-2-PB2400-11,5





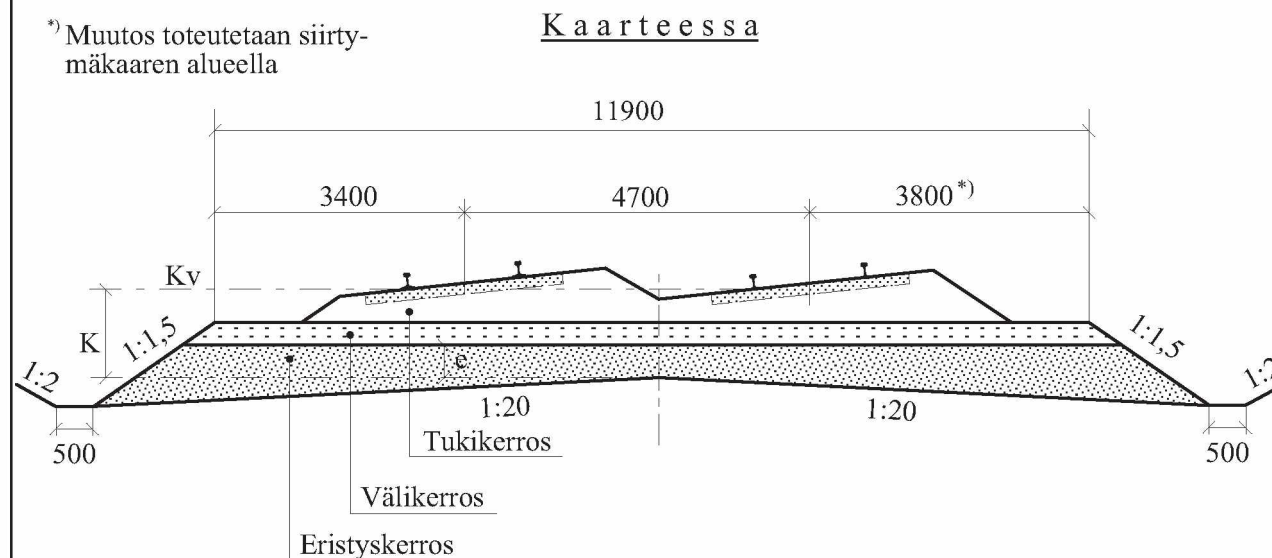
Jos ulomman raiteen kallistus on suurempi kuin sisemmän, on raideväliä vastaavasti suurennettava

Pengerpohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 tai loivempana

| Poikkileikkausmitat    |                       |                    |                        |                      |                          |                               |      |
|------------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------|------|
| Rakenne-<br>tyyppi     | Tukikerros            |                    | Eristyskerros hiekasta |                      | Eristyskerros murskeesta |                               |      |
|                        | Betonirata-<br>pölkky | Puurata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K                        | Välikerros +<br>eristyskerros | K    |
| Betonirata pölkkyraide |                       |                    |                        |                      |                          |                               |      |
| LB900                  | 550                   |                    | 350                    | -                    | 900                      | 350                           | 900  |
| LB1200                 | 550                   |                    | 300                    | 350                  | 1200                     | 850                           | 1400 |
| LB1400                 | 550                   |                    | 300                    | 550                  | 1400                     | 1050                          | 1600 |
| LB1600                 | 550                   |                    | 300                    | 750                  | 1600                     | 1250                          | 1800 |
| LB1800                 | 550                   |                    | 300                    | 950                  | 1800                     | 1450                          | 2000 |
| LB2000                 | 550                   |                    | 300                    | 1150                 | 2000                     | 1750                          | 2300 |
| LB2200                 | 550                   |                    | 300                    | 1350                 | 2200                     | 1950                          | 2500 |
| LB2400                 | 550                   |                    | 300                    | 1550                 | 2400                     | 2150                          | 2700 |

Rakennekerrospaksuus K  
Korkeusviiva Kv

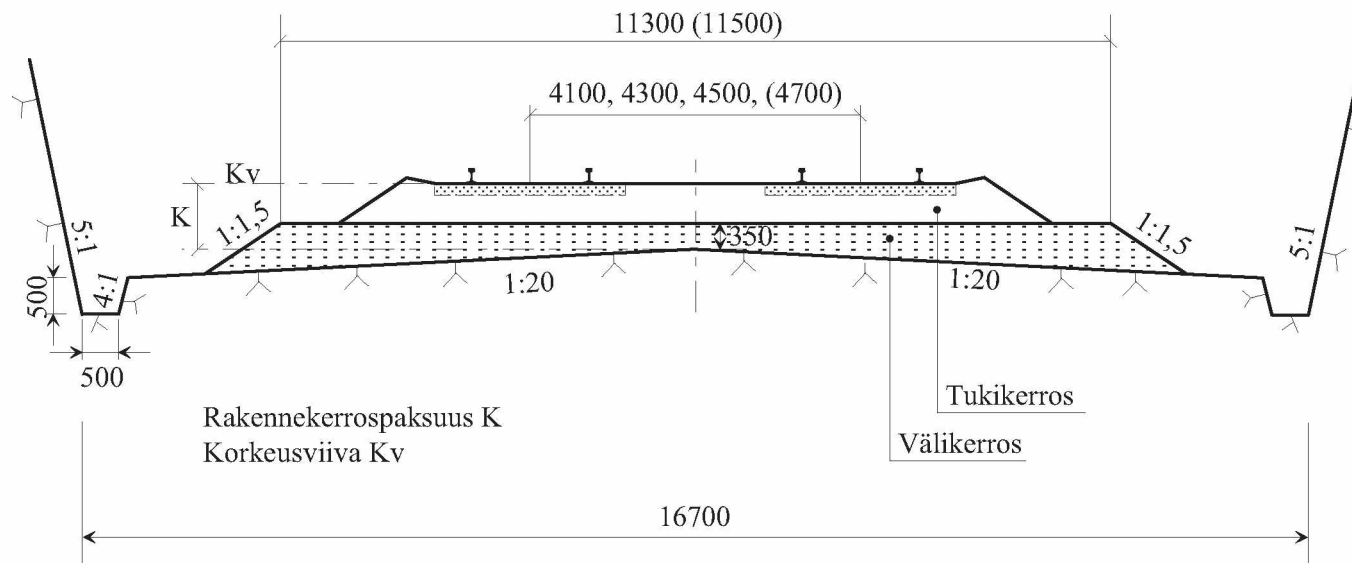
<sup>\*)</sup> Muutos toteutetaan siirtymäkaaren alueella



RATAHALLINTO-  
KESKUS  
BANFÖRVALTNINGS-  
CENTRALEN

Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Jk-2-LB900-11,5...Jk-2-LB2400-11,5



Leikkauspohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 tai loivempuna

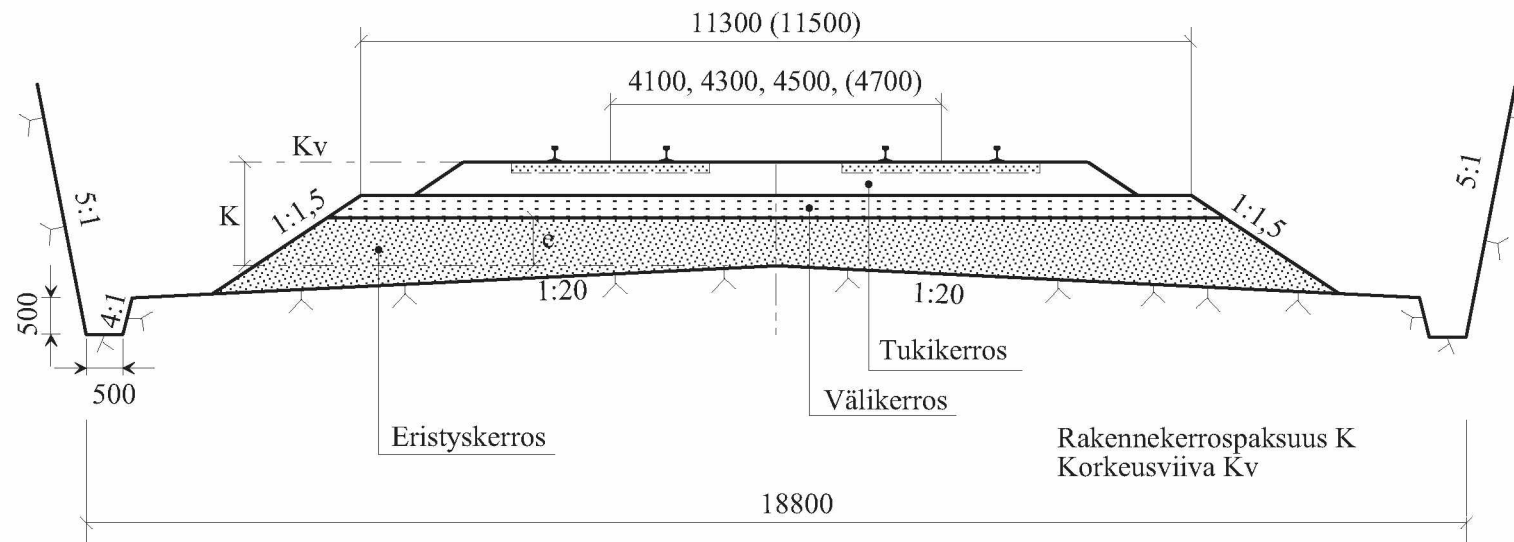
Luisien kaltevuus kallion rakoilusta riippuvainen  
Kaltevuus voidaan toteuttaa esitettyä loivempuna

| Poikkileikkausmitat     |                            |                         |                        |                      |     |                               |     |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|-----|-------------------------------|-----|
| Raken-<br>ne-<br>tyyppi | Tukikerros                 |                         | Eristyskerros hiekasta |                      |     | Eristyskerros murskeesta      |     |
|                         | Betoni-<br>rata-<br>pölkky | Puu-<br>rata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K   | Välikerros +<br>eristyskerros | K   |
| KaB900                  | 550                        | Betoni ratapölkkyraide  |                        |                      |     |                               | 900 |
|                         |                            |                         | 350                    | -                    | 900 | 350                           |     |
| Ka800                   |                            | Puuratapölkkyraide      |                        |                      |     |                               | 900 |
|                         |                            | 450                     | 350                    | -                    | 800 | 450                           |     |



Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Lk-2-KaB900-16,7  
Pk-2-KaB900-16,7  
Jk-2-KaB900-16,7  
Lk-2-Ka800-16,7  
Pk-2-Ka800-16,7  
Jk-2-Ka800-16,7



| Poikkileikkausmitat     |                            |                         |                        |                      |      |                               |      |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|------|-------------------------------|------|
| Raken-<br>ne-<br>tyyppi | Tukikerros                 |                         | Eristyskerros hiekasta |                      |      | Eristyskerros murskeesta      |      |
|                         | Betoni-<br>rata-<br>pölkky | Puu-<br>rata-<br>pölkky | Väli-<br>kerros        | Eristys-<br>kerros e | K    | Välikerros +<br>eristyskerros | K    |
|                         | Betoniratapölkkyraide      |                         |                        |                      |      |                               |      |
| KaB1400                 | 550                        |                         | 300                    | 550                  | 1400 | 1050                          | 1600 |
| KaB1600                 | 550                        |                         | 300                    | 750                  | 1600 | 1250                          | 1800 |
| KaB1800                 | 550                        |                         | 300                    | 950                  | 1800 | 1450                          | 2000 |
| KaB2000                 | 550                        |                         | 300                    | 1150                 | 2000 | 1750                          | 2300 |
| KaB2200                 | 550                        |                         | 300                    | 1350                 | 2200 | 1950                          | 2500 |
| KaB2400                 | 550                        |                         | 300                    | 1550                 | 2400 | 2150                          | 2700 |
|                         | Puuratapölkkyraide         |                         |                        |                      |      |                               |      |
| Ka1400                  |                            | 450                     | 300                    | 650                  | 1400 | 1150                          | 1600 |
| Ka1600                  |                            | 450                     | 300                    | 850                  | 1600 | 1350                          | 1800 |
| Ka1800                  |                            | 450                     | 300                    | 1050                 | 1800 | 1550                          | 2000 |
| Ka2000                  |                            | 450                     | 300                    | 1250                 | 2000 | 1850                          | 2300 |
| Ka2200                  |                            | 450                     | 300                    | 1450                 | 2200 | 2050                          | 2500 |
| Ka2400                  |                            | 450                     | 300                    | 1650                 | 2400 | 2250                          | 2700 |

Leikkauspohja voidaan tehdä kaltevuuteen 1:20 tai loivempana

Luiskien kaltevuus kallion rakoilusta riippuvainen  
Kaltevuus voidaan toteuttaa esitettyä loivempaan



Mittakaava 1:100

Normaalipoikkileikkaus  
Lk-2-KaB1400-18,8...Lk-2-KaB2400-22,1  
Pk-2-KaB1400-18,8...Pk-2-KaB2400-22,1  
Jk-2-KaB1400-18,8...Jk-2-KaB2400-22,1  
Lk-2-Ka1400-18,8...Lk-2-Ka2400-22,1  
Pk-2-Ka1400-18,8...Pk-2-Ka2400-22,1  
Jk-2-Ka1400-18,8...Jk-2-Ka2400-22,1



## Palautuvan pystysuuntaisen siirtymän mittaaminen

- Maaperätutkimusten perusteella pohjamaa jaetaan homogeenisiin alueisiin ja jaon jälkeen mitataan junanylityksen aikana tapahtuvat palautuvat siirtymät. Homogeenisiin alueisiin jakamalla voidaan vähentää mittaustarvetta etenkin jäykempien (karkearakeisten) pohjamaiden alueilla.
- Ratapölkyn pystysuuntaista siirtymää tarkkaillaan Sr2-tyyppisen veturin ylityksen aikana ja veturin aiheuttama paikallinen palautuva pystysuuntainen siirtymä mitataan. Mikäli Sr2-tyyppinen veturi ei tule kysymykseen (esim. sähköistämättömät radat), voidaan mittaaminen tehdä Sr2-veturin akselipainoa vastaavista muista akseleista
- Mittaukset on tehtävä kesäkauden aikana (kesä-syyskuu)
- Mittaus voidaan tehdä esim. kiihtyvyyssantureilla tai siirtymäantureilla siten, että siirtymäanturi kiinnitetään kovaan pohjaan asti asennettuun kairatankoon.
- Mittaukset tehdään ratapölkyn keskeltä. Tällä tavoin voidaan suurimmalta osin eliminoida erilaisten tuentatilanteiden vaikutukset mittaustuloksiin. Lisäksi voidaan ainakin jossain määrin eliminoida kaarteiden vaikutusta mittaustuloksiin.
- Mittaukset tehdään viidestä ratapölkystä viiden ratapölkyn välein
- Mittaustuloksista lasketaan määräävä palautuva pystysuuntainen siirtymä siten, että kolmen keskimmäisen mittaustuloksen arvot huomioidaan, ja näistä lasketaan keskiarvo. Tällä tavoin voidaan eliminoida mahdollisia paikallisia vaihteluita mittaustuloksissa sekä mahdollisia mittausvirheitä.
- Kaksiraiteisen radan osalta toimitaan kuten yksiraiteisella radalla. Kaarteissa mitaukset tehdään ulommaiselta raiteelta.
- Mittaustulokset arkistoidaan Liikenneviraston edellyttämällä tavalla



## Seurantamittaukset

Seurantamittauksilla tarkoitetaan vanhan radan ratapenkereen pitkäaikaisen käyttäytymisen seuranta. Seurantamittauksia käytetään, jos radan laskennallisen stabiliteetin kokonaisvarmuus ilman stabiliteettia parantavia toimenpiteitä on välillä  $F = 1,30 \dots 1,50$ . Seuranta käynnistetään, jos rataosan akselipainon nosto tai standardissa SFS-EN15528 määritellyt junakuormat aikaansaavat kokonaisvarmuuden sijoittumisen em. välille. Seurannan tavoitteena on varmistaa, ettei radassa, penkereessä tai maapohjassa tapahdu sortumaa.

Seurantamittauksissa sortumavaarakriteereinä sovelletaan

1. Maksimi vaakasiirtymää ja vaakasiirtymän nopeutta
2. Pysty- ja vaakasiirtymän suhdetta
3. Huokospainemittauksia

Seurantamittauksille laaditaan mittausohjelma ja asetetaan hälytysraja. Hälytysraja perustuu mitatun suureen, esimerkiksi vaakasuuntaisen siirtymän, muutosnopeuteen. Useimmiten kyseeseen tulee radasta poispäin tapahtuvan vaakasiirtymän sekä penkereen pystysiirtymän seuranta. Kulloinkin parhaiten radan geometriaan ja olosuhteisiin soveltuva mittaus suunnitellaan stabiliteetilaskentojen ja siirtymän suunta-arvioiden perusteella.

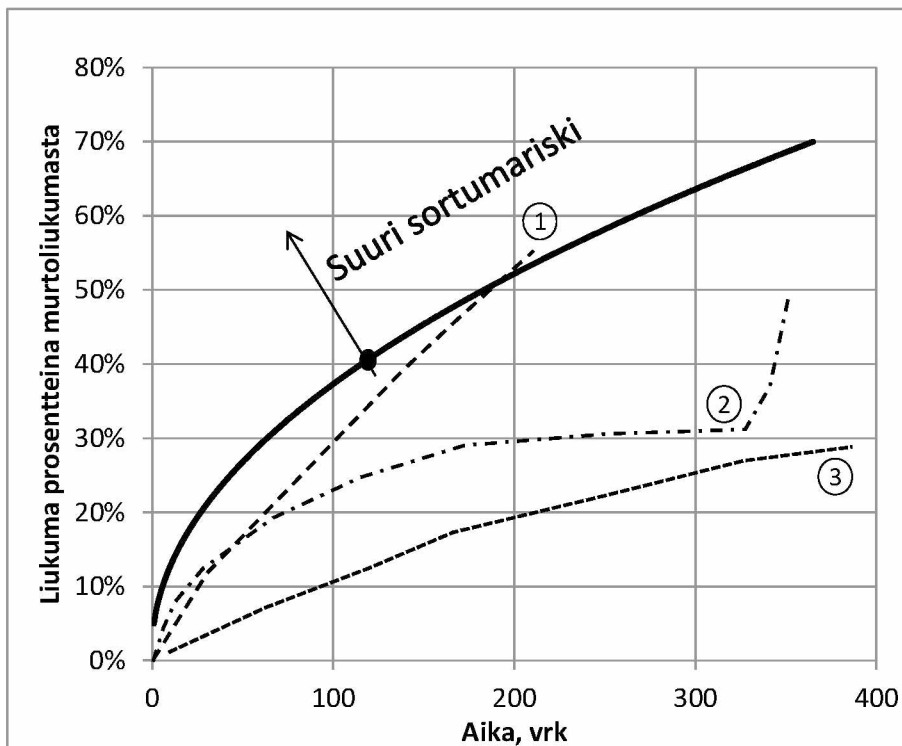
Savi- ja turvemaapohjilla mitataan ensisijaisesti penkereen pysty- ja vaakasuuntaista siirtymää. Seurantamittaus sijoitetaan laskennallisen tarkastelun pohjalta heikoimpaan kohtaan seurattavalla rataosuudella. Mittaus tulee käytettävän laitteiston ja seurannan tiheyden osalta suunnitella ja toteuttaa siten, että mittaustuloksilla hyvisä ajoin tunnistettaisiin turvallisuutta uhkaavan tilan muodostuminen ja liikenne voidaan tarvittaessa keskeyttää. Tästä syystä tapauskohtaisesti tulee harkita riittääkö mittaukseen manuaalinen seuranta, automaattisella tallennuksella varustettu mittaus vai tarvitaanko myös mittaustulokset automaattisesti lähettävä mittauslaitteisto. Manuaalinen ja automaattinen, varoittava mittausjärjestelmä voidaan myös yhdistää.

Tavanomaisimmat siirtymän mittaukset ovat erilaiset inklinometrit ja painumamittarit. Painumamittareita käytettäessä on samalla myös vaakasuuntaista siirtymää tarkkailtava, jolloin erisuuntaisten siirtymien suhdetta käytetään arvioinnin tukena. Inklinometrillä mitataan pistekohtaisessa paikassa vaakasiirtymien kehittymistä useilla eri tasoilla.

Alle 1000 m pituisilla pehmeiköillä painumaseuranta ulotetaan radan suunnassa vähintään 50 m heikoimmaksi arvioitun leikkauksen molemmiin puolin. Inklinometri asennetaan heikoimmaksi arvioituun leikkaukseen. Pidemmällä pehmeiköillä, joilla stabiliteetti on yleisesti alle 1,5 tai pehmeiköllä on useita alhaisen stabiliteetin kohteita, tulee seuranta tehdä tarvittaessa useista kohdista. Tarve täydentäviin mittauksiin tulee usein sellaisissa kohdissa, kun stabiliteettiin olennaisesti vaikuttavat olosuhteet muuttuvat. Mittaustiedon ja mitattavan siirtymän muutosnopeuden seuranta on parhaimmillaan jatkuvaa tai vähintään kerran tunnissa tapahtuvaa. Mittalaitteet tulee suojata routaliikkeiltä virhemittausten välttämiseksi.

### Maksimi vaakasiirtymä ja vaakasiirtymän nopeus

Inklinometrituloksista määritetään kulmamuuutos vähintään 1 m välein suhteessa nol-la-mittaukseen. Hälytysrajat määritetään ensisijaisesti määrittämällä murtoleikkausjännitystä,  $\tau_f$ , vastaavan liukuman arvo  $\gamma_f$  maanäytteistä. Tämä liukuman arvo määritetään laskennallisen liukupinnan aktiivivyoheyttä edustavalle häiriintymättömälle näytteelle ( $\gamma_f = \tau_f/G$ ; missä G on materiaalin liukumoduuli hitaassa nk. avoimessa ko-keessa). Sallittu liukuma saa olla murtoleikkausjännitystä vastaavasta liukumasta,  $\gamma_f$ , enintään 5 % vuorokaudessa, 11 % viikossa, 21 % kuukaudessa ja 70 % vuodessa, kuva 1. Tämän lisäksi kriteerinä on se, että liukumanopeus ei saa kasvaa.



Kuva 1. Liukuman arviointi. Jos liukuman nopeus ylittää raja-arvon (yhtenäinen viiva), sortumariski on suuri. Kuvassa on esitetty kolme kuvitteellista seurantatulosta katkoviivoilla. Mittaustulos 1: siirtymä lähestyy sortumariskin tason. Mittaustulos 2: siirtymä on pysähtymässä kunnes siirtymänopeus äkillisesti uudelleen kasvaa, mikä viittaa suureen sortumariskiin. Mittaustulos 3: siirtymä hidastuu jatkuvasti.

Mikäli kohdekohtaista hälytysrajoja ei erikseen maanäyttein ja laskelmin ole määritetty, voidaan tilaajan luvalla savilla, liejuilla ja maatuneilla turpeilla murtoon johtavana liukumana pitää  $\gamma_f = 0,045$  rad eli metrin matkalla 45 mm. Maatumattomilla tai osittain maatuneilla turpeilla siirtymien raja-arvot joudutaan aina harkitsemaan tapauskohtaisesti esimerkiksi maanäytteille tehdyillä kolmiakseli- tai leikkauskokeilla.

Mittaustulosten arviointi ja mittausten jatkoseuranta tehdään taulukon 1 ja kuvan 2 mukaan. Mikäli sortumariski luokituu taulukon perusteella mahdolliseksi, seuranta tulee tihentää, mittaustuloksia lisätä ja/tai ryhtyä toimenpiteisiin sortumariskin pienentämiseksi/liikenteen keskeyttämiseksi.



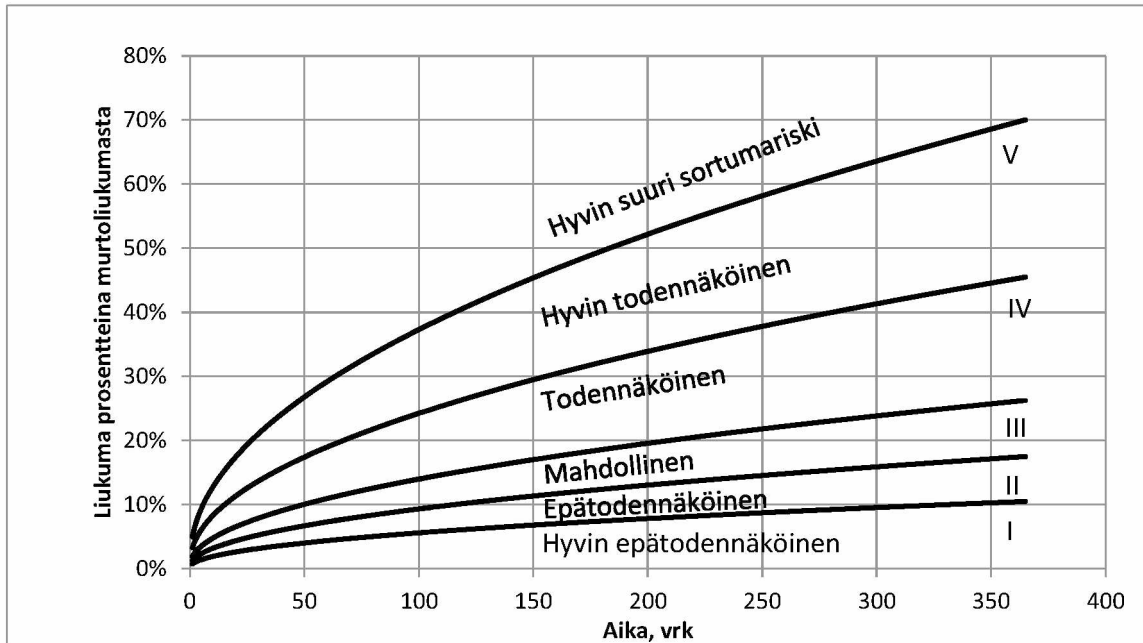
## RATO 3 Radan rakenne

*Taulukko 1. Vaakamittaustulosten arviointi ja mittausten seuranta tilanteessa, jossa murtoliukuman arvoa ei ole määritetty. Jos murtoleikkausjännitys kriittisessä kerrostumassa eli liukupinnan aktiivivyöhykkeen heikoimassa kerroksessa määritetään, sovellettavat siirtymä-arvot määrittyvät paikkakohtaisesti näytteistä. Ajalliset väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti.*

| Riskiluokka ja sortumariskin sanallinen arvio | Vaakasiirtymä dy<br>1 m matkalla, mm<br>(suluissa arvot millimetreissä, kun $\gamma_f=0,045$ rad) |                                 |                                |                               | Toimenpiteet   |
|---|---|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|
|   | Päivässä  | Vii-kossa                       | Kuukaudessa                    | Vuodessa                      |  |
| I<br>Hyvin epä-toden-näköinen                 | –   | $16.4 \cdot \gamma_f$<br>(0.74) | $31.6 \cdot \gamma_f$<br>(1.2) | $105 \cdot \gamma_f$<br>(4.7) | Mikäli arvot alittuvat, seuranta voidaan päättää 3 kk kuluttua. Mikäli jokin arvoista ylittyy, kohde siirretään mittaustulosta vastaavaan, ylempään seurantaluokkaan   |
| II<br>Epätoden-näköinen                       | –   | $27.3 \cdot \gamma_f$<br>(1.2)  | $52.7 \cdot \gamma_f$<br>(2.4) | $175 \cdot \gamma_f$<br>(7.9) | Mikäli arvot alittuvat, seuranta voidaan päättää 12 kk kuluttua. Mikäli jokin arvoista ylittyy, kohde siirretään mittaustulosta vastaavaan, ylempään seurantaluokkaan  |
| III<br>Mahdollinen                            | $18.7 \cdot \gamma_f$<br>(0.84)<br>*  | $40.9 \cdot \gamma_f$<br>(1.8)  | $79.0 \cdot \gamma_f$<br>(3.6) | $262 \cdot \gamma_f$<br>(12)  | Mikäli arvot alittuvat, seuranta voidaan päättää 24 kk kuluttua. Mikäli jokin arvoista ylittyy, kohde siirretään mittaustulosta vastaavaan, ylempään seurantaluokkaan  |
| IV<br>Toden-näköinen                          | $32.5 \cdot \gamma_f$<br>(1.5)<br>*   | $70.9 \cdot \gamma_f$<br>(3.2)  | $137 \cdot \gamma_f$<br>(6.2)  | $455 \cdot \gamma_f$<br>(21)  | Mikäli arvot alittuvat, mutta ylittävät luokan III arvot, seurannan tiheyttä lisätään tai seuranta varustetaan tarvittavalla hälytysautomaatiikalla. Mikäli kohteen siirtymät pysyvät luokassa IV yli yhden vuoden ajan, tulee varautua kohteen stabiiliteetin parantamiseen. Mikäli siirtymät laskevat vuoden seurannan jälkeen alempien luokkien tasolle, seuranta jatketaan 5 vuoden ajan. Mikäli jokin arvoista ylittyy, kohde siirretään mittaustulosta vastaavaan, ylempään seurantaluokkaan |
| V<br>Hyvin toden-näköinen                     | $50.0 \cdot \gamma_f$<br>(2.2)<br>*   | $109 \cdot \gamma_f$<br>(4.9)   | $211 \cdot \gamma_f$<br>(9.5)  | $700 \cdot \gamma_f$<br>(32)  | Mikäli arvot alittuvat, seuranta voidaan päättää 5 vuoden kuluttua kuten luokassa IV. Mikäli jokin arvoista ylittyy, käynnistetään välittömät toimenpiteet stabiiliteetin parantamiseksi.  |

\* Päiväkohtaisessa mittauksessa mittausvirheiden mahdollisuudet ovat suuret. Tästä syystä riskiluokissa III...V mittauksia tulee välittömästi jatkaa, jotta voidaan joko todentaa riskin olemassaolo tai se, että kyseessä on mittausepä tarkkuudesta johtuva virhe.

Taulukon 1 arvot on esitetty graafisesti kuvassa 2.



Kuva 2. Vaakamittaustulosten arvioinnin riskiluokat.

Seurantaluokakohtainen mittaustiheys on suuntaa-antavasti kuvattu taulukossa 2.

## RATO 3 Radan rakenne

Taulukko 2. Suuntaa-antava suositus mittausten ajoittamisesta eri seurantaluokissa.  
*x –merkintä tarkoittaa, että ajankohdalla tehdään vähintään mittaus.*

| Seuranta-luokka    | Ennen muutosta**** |             | Muutoksen jälkeen |         |          |   |        |        |        |         |                           |
|--------------------|--------------------|-------------|-------------------|---------|----------|---|--------|--------|--------|---------|---------------------------|
|                    | Asennus*           | 0 – mittaus | 1–7 pv            | 7–14 pv | 14–21 pv | 21 pv –1 kk   | 1–2 kk | 2–3 kk | 3–6 kk | n. 1 v. | vuosittain 2...5 v.       |
| I                  | - 3 kk             | - 1-0 kk    | x                 |         | x        |   | x      | x      | x      |         |                           |
| II                 | - 3 kk             | - 1-0 kk    | x                 |         | x        |   | x      | x      | x      | x       |                           |
| III <sup>(a)</sup> | - 3 kk             | - 1-0 kk    | x                 |         | x        |   | x      | x      | x      | x       | 2v.                       |
| IV <sup>(b)</sup>  | - 3 kk             | - 1-0 kk    | x                 | x       | x        | x   | x      | x      | x      | x       | 2., 3., 4. ja 5. vuosi*** |
| V <sup>(c)</sup>   | - 3 kk             | - 1-0 kk    | x                 | x       | x        | Mittaus muutetaan jatkuvaksi tai stabiliteetti parannetaan. Seuranta jatketaan kunnes riski sortumalle on laskenut vähintään luokkaan II. |        |        |        |         |                           |

\* Inklinometriputken asennus ja asennusmittaus pyritään tekemään 3 kk ennen pengerkuormituksen, akselipainon/junakuorman tai nopeuden nostoa.

\*\* Mittausputken asettumisen jälkeen, mutta ennen pengerkuormituksen, akselipainon/junakuorman tai nopeuden nostoa tehdään n. 0 – mittaus.

\*\*\* Mittaukset tehdään vähintään kaksi kertaa vuodessa, n. 6 kk välein

\*\*\*\* Inklinometriputken ja muiden seurantamittausten asennus pyritään tekemään vähintään 3 kk (min 1 kk) ennen pengerkuormituksen, akselipainon/junakuorman tai nopeuden nostoa. Anturien ja mittausputkien asettumisen jälkeen, mutta ennen pengerkuormituksen, akselipainon/junakuorman tai nopeuden nostoa tehdään 0 – mittaus 1 kk ennen muutosta.

<sup>(a)</sup> Seurantaluokan sijoituessa luokkaan III, käynnistetään painuman seuranta myös kiskoista mittaamalla. Jatko-toimenpiteiden päätöksentekoa varten hankitaan kunnossapitotiedot, raiteentarkastustiedot sekä ko. kohteen vakavuustarkastelut. Muista mahdollisista toimenpiteistä (muut lisämittaukset, lisäpohjatutkimukset, stabiliteettilaskennat, stabiliteetin parantamisen suunnittelu jne.) sovitaan tilaajan kanssa erikseen.

<sup>(b)</sup> Lähtötiedot ja toimenpiteet kuten kohdassa <sup>(a)</sup>. Seuranta tiennetään viikottaiseksi ja sovitaan tilaajan kanssa lisämittausten toteuttamisesta mm. jatkuvan mittauksen toteutuksesta. Käynnistetään tilaajan kanssa sopien kohteen vahvistamiseen varautuminen ja sen mahdollisesta käynnistämisestä. Sovitaan liikennejärjestelyistä kohteella.

<sup>(c)</sup> Stabiliteetin parantamisen käynnistäminen, jos siirtymät jatkuvat kauemmin kuin kuukauden luokassa V. Mikäli mittaus ei ole jatkuva ja automaattinen, siihen tulee siirtyä siinä vaiheessa, kun varmistutaan mittausten oikeellisuudesta ja luotettavuudesta.

### **Vaaka- ja pystysiirtymän suhde**

Pystysiirtymän tarkkailulla helpotetaan vaakasiirtymän arviointia sortumisriskin näkökulmasta. Mikäli pystysiirtymän ja vaakasiirtymän suhde on pienempi kuin kaksi, tilanne sattaa lähestyä sortumista ja tilanteen edellyttämät toimenpiteet sovitaan tilaajan kanssa erikseen, jotta asiantuntija-arviointi tilanteesta voidaan tehdä.

### **Vedenpaine ja huokosveden ylipaine**

Jos huokosveden ylipaineesta aiheutuu olennaista vaaraa radan stabiliteetille, huokosvedenpaineen kehittymistä on seurattava tarkkailumittausjärjestelmän avulla. Raja-arvona töiden välittömälle keskeyttämiselle ja radan stabiliteettia turvaavien toimenpiteiden käynnistämiseksi on suunnittelun perustana käytetyn huokosveden sen ylipaineen arvon saavuttaminen, jossa kokonaisvarmuus saavuttaa tason  $F=1,5$ . Hälytysrajana radan stabiliteettia turvaaviin toimenpiteisiin valmistautumiselle on tällöin se, kun huokosveden ylipaine on saavuttanut tason, jossa kokonaisvarmuus on laskeutunut tasolle  $F=1,6$ .

Mitoittava vedenpinta arvioidaan julkaisun ”NCCI 7” mukaisesti. Pohjarakennustöiden aiheuttaman huokosveden ylipaineen vaikutus arvioidaan soveltaen ohjetta ”Radan stabiliteetin laskenta, olemassa olevat penkereet”.

### **Mittauksetulosten keruu ja yhteydenpito**

Mittauksetulokset kerätään tilaajan ilmoittamaan kumuloituvaan rekisteriin. Mittauksetulosten merkitys arvioidaan kunkin mittaukserran yhteydessä ao. rekisteriin. Mittauksen päätyttyä laaditaan kohteittain loppuarvio ja perustellaan mittauksen päättäminen sekä arvioidaan stabiliteetin menettämiseen liittyvä riski.

Hälytysmenettelyistä sovitaan mittausohjelmaa laadittaessa tilaajan kanssa. Mikäli kohteen seurantalukuokka asettuu tasolle IV tai V, välitetään tieto tilaajan nimeämälle vastuutaholle välittömästi siirtymien kasvusta yli hälytysrajan. Toimenpiteisiin ryhtymisestä päättää ko. vastuutaho. Mikäli mittauksien yhteydessä tehdään radalla stabiliteetin menettämiseen viittaavia havaintoja, niistä ilmoitetaan vastaavasti – mittauksetuloksista riippumatta.



